ELETTRONICA PRATICA

RIVISTA MENSILE PER GLI APPASSIONATI
DI ELETTRONICA - RADIO - TELEVISIONE

Anno III - N. 8 - AGOSTO 1974 - Sped. in Abb. Post. Gr. III

Lire 700

NUMERO SPECIALE RIVOLTO AI PRINCIPIANTI

GUIDA TEORICO-PRATICA

DELL'ASPIRANTE ELETTRONICO

CONTIENE:

1) SIMBOLISMO
2) RESISTORI
3) CONDENSATORI
4) SALDATURE
5) DIODI
6) TRANSISTOR
7) AMPL. BF
8) ANTENNE

SPECIALE DIDATTICA

E' il titolo ricorrente nelle pagine di questo particolare fascicolo della Rivista: il fascicolo di agosto. Il mese in cui l'editoria, almeno nell'espressione della periodicità, tace per concedersi e concedere un periodo di vacanza a tutti: maestranze, dirigenti e Lettori.
Ma noi non abbiamo voluto fermare completamente il nostro lavoro. Né ci siamo adeguati alla consuetudine di molti di convogliare nel fascicolo di settembre anche gli argomenti di agosto. E' nato così questo

MANUALE DELL'ASPIRANTE ELETTRONICO

che, senza impegnare praticamente il Lettore in alcun lavoro di montaggio, servirà ad arricchire il laboratorio dilettantistico, rappresentando in esso un autentico « ferro del mestiere ». Per questo speciale fascicolo di Elettronica è stato realizzato col preciso scopo di offrire un aiuto immediato ed esatto a chiunque stia progettando, costruendo, mettendo a punto o riparando un apparato radioelettronico, elencando dati tecnici, caratteristiche, valori e grandezze radioelettriche.

L'ABBONAMENTO A ELETTRONICA PRATICA

vi dà la certezza di ricevere, puntualmente, ogni mese, in casa vostra, una Rivista che è, prima di tutto, una scuola a domicilio, divertente, efficace e sicura. Una guida attenta e prodiga di insegnamenti al vostro fianco, durante lo svolgimento del vostro hobby preferito. Una fornitrice di materiali elettronici, di apparecchiature e scatole di montaggio di alta qualità e sicuro funzionamento.

ABBONARSI

significa divenire membri sostenitori di una grande famiglia. Creare un legame affettivo, duraturo nel tempo. Testimoniare a se stessi e agli altri la propria passione per l'elettronica.

CONSULTATE

nell'interno le pagine in cui vi proponiamo le due forme di abbonamento, scegliendo quella preferita e da voi ritenuta la più interessante.

ELETTRONICA PRATICA

Via Zuretti, 52 Milano - Tel. 6891945

ANNO 3 - N. 8 - AGOSTO 1974

LA COPERTINA - Esprime il contenuto di questo speciale fascicolo di Elettronica Pratica, che non vuole impegnare il Lettore nella consueta pratica dei montaggi, bensì intrattenerlo, teoricamente, sugli elementi basilari della più elementare didattica. Perché anche questo può essere un piacevole suggerimento per trascorrere serenamente il mese dell'anno destinato alle vacanze.

editrice
ELETTRONICA PRATICA

direttore - responsabile
ZEFFERINO DE SANCTIS

disegno tecnico
CORRADO EUGENIO

stampa
**LA VELTRO
COLOGNO MONZESE
MILANO**

Distributore esclusivo per l'Italia:
A. & G. Marco - Via Fortezze n° 27 - 20126 Milano tel. 2526 - autorizzazione Tribunale Civile di Milano - N. 74 del 29-2-1972 - pubblicità inferiore al 25%.

UNA COPIA L. 700

ARRETRATO L. 700

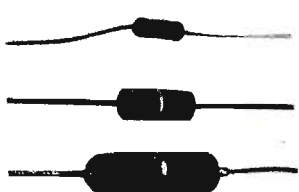
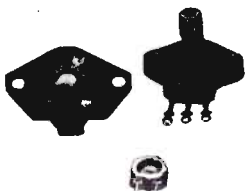
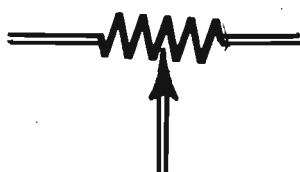
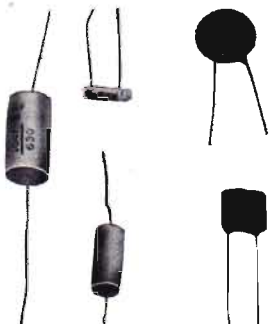
ABBONAMENTO ANNUO (12 numeri) PER L'ITALIA L. 7.000
ABBONAMENTO ANNUO (12 numeri) PER L'ESTERO L. 10.000.

DIREZIONE — AMMINISTRAZIONE — PUBBLICITA' — VIA ZURETTI 52 — 20125 MILANO.

Sommario

SPECIALE DIDATTICA

SIMBOLISMO ELETTRONICO

Il simbolismo elettronico è un po' come l'alfabeto di una lingua. Con quest'ultimo infatti si impara a leggere e scrivere, mentre con il primo si impara a distinguere un progetto dall'altro e, soprattutto, si riconoscono i componenti elettronici necessari per tradurre nella realtà uno schema puramente teorico.

Il simbolismo, dunque, è necessario per comporre quel « linguaggio » universale, che permette a tutti coloro che si occupano di elettronica di « comunicare » tra loro.

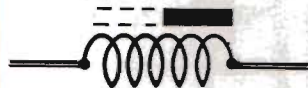
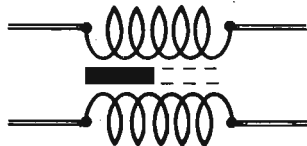
Ogni ricevitore radio, trasmettitore, amplificatore o strumento di misura, anche complesso e pesante, si traduce, grazie al simbolismo, in un semplice disegno su un foglio di carta. Ed in questo disegno si « leggono »: il tipo di apparato cui si fa riferimento, il principio di funzionamento, il volume di ingombro della realizzazione ed anche il suo prezzo.

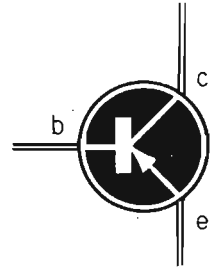
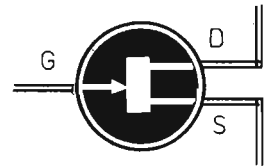
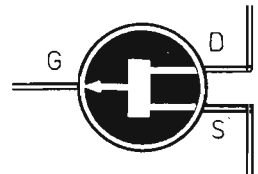
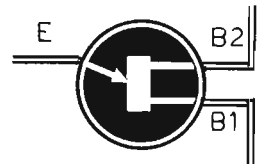
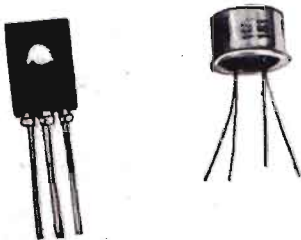
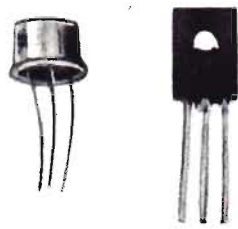
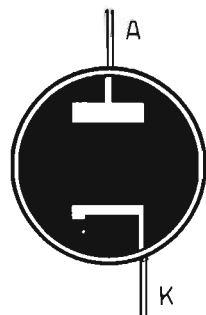
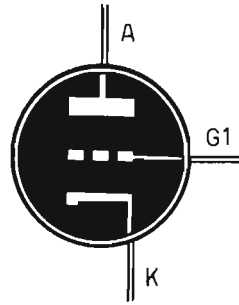
Ovviamente, tutte queste « letture » sono più o meno immediate, più o meno approfondite, a seconda delle capacità e dell'esperienza di chi... legge.

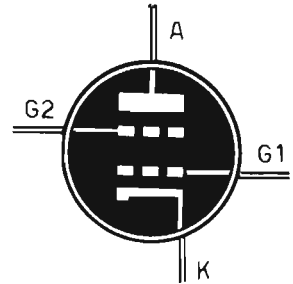
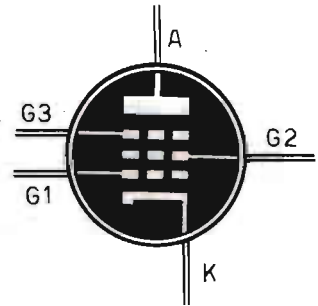
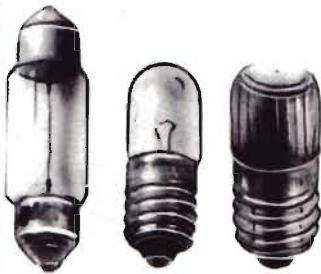
In ogni paese del mondo, i componenti elettronici vengono disegnati, negli schemi teorici, con un particolare simbolo, conosciuto da tutti, in modo che il « linguaggio elettronico » risulti un linguaggio universale così come lo è la musica. E in modo che un progetto, concepito in una qualsiasi parte del mondo, possa essere perfettamente interpretato dovunque e dovunque realizzato.

Ma la conoscenza dell'immagine simbolica e il suo immediato riferimento a quella reale non sono sufficienti per una esatta valutazione di un determinato progetto. Perché di ogni componente occorre almeno conoscere la funzione, la struttura fisica, l'unità di misura.

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
RESISTORE		Il resistore è un componente che ha il compito di ridurre l'intensità di corrente nei circuiti e di determinare differenze di potenziale. Questi componenti possono essere di vari tipi e dimensioni. Unità di misura: ohm - kiloohm (1.000 ohm) - megaohm (1.000.000 ohm).	
RESISTENZA SEMIFISSA		E' una resistenza variabile, cioè una resistenza il cui valore ohmmico può essere variato, entro certi limiti, agendo sul componente per mezzo di un cacciavite o di una manopola. L'unità di misura è la stessa del resistore.	
POTENZIOMETRO		E' un componente nel quale la resistenza può essere variata a piacere facendo ruotare manualmente la manopola di comando. Serve principalmente per i comandi di volume sonoro e tonalità. L'unità di misura è la stessa del resistore.	
CONDENSATORE		Come avviene per il resistore, il condensatore è uno dei componenti più comuni in elettronica. Ve ne sono di diversi tipi e grandezze. Si lasciano attraversare dalle correnti alternate e non da quelle continue. Gli elementi che li compongono sono principalmente tre: armature - dielettrico - terminali. Unità di misura: farad - microfarad (un milionesimo di farad) - picofarad (un milionesimo di milionesimo di farad).	

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
CONDENSATORE ELETTROLITICO		Questi tipi di condensatori si differenziano da tutti gli altri componenti per le loro caratteristiche costruttive. Essi vengono realizzati sfruttando il classico principio degli elettroliti. Sono adatti per raggiungere valori capacitivi molto elevati. Appartengono alla categoria dei componenti polarizzati, in quanto presentano un terminale positivo e uno negativo. L'unità di misura è la stessa del normale condensatore.	+
COMPENSATORE		Tale denominazione viene attribuita normalmente ai piccoli condensatori variabili, cioè a quei condensatori principalmente montati nei circuiti di alta frequenza. Il valore capacitivo può essere variato, azionando una vite o un perno, entro due limiti precisi di valore minimo e massimo. L'unità di misura è la stessa del condensatore.	
CONDENSATORE VARIABILE		Questo condensatore risulta montato in quasi tutti gli apparati radioriceventi. E' composto da due insiemi di armature fisse e mobili. Viene montato normalmente nei circuiti di alta frequenza. Il valore capacitivo del componente varia entró certi limiti facendo ruotare il perno di comando. L'unità di misura è la stessa del normale condensatore.	
BOBINA D'INDUTTANZA		Prende, più semplicemente, anche il nome di induttore, bobina o induttanza. Può avere forme diverse e può essere di diversa grandezza. La più semplice è quella cilindrica, composta da un avvolgimento di filo conduttore intorno ad un supporto, nel quale può essere inserito un nucleo di ferrite con lo scopo di rendere variabile l'induttanza. Unità di misura: henry - microhenry (un milionesimo di henry) - millihenry (un millesimo di henry).	

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
TRASFORMATORE AF		E' composto da due avvolgimenti, cioè da due induttanze, realizzate su uno stesso supporto isolante. Gli avvolgimenti sono normalmente di tipo a nido d'ape. Viene comunemente montato all'entrata dei ricevitori radio. L'unità di misura è la stessa della bobina d'induttanza.	
IMPEDENZA AF		Consiste in un avvolgimento di filo su supporto isolante. La sua funzione è quella di formare un ostacolo al passaggio delle correnti di alta frequenza, concedendo via libera alle correnti di bassa frequenza. E' chiamata anche bobina d'arresto. L'unità di misura è la stessa della bobina d'induttanza.	
IMPEDENZA BF		Viene normalmente impiegata nei circuiti di alimentazione. Permette di eliminare i residui di alternata nei circuiti di alimentazone in corrente continua. L'unità di misura è la stessa di quella del resistore.	
TRASFORMATORE D'ALIMENTAZIONE		Serve per trasformare la tensione alternata di rete-luce in tensioni alternate di valore più elevato o più basso, ma più adatte ad alimentare i vari circuiti di un apparato elettronico. La grandezza fisica che principalmente li caratterizza è la potenza elettrica. Quelli che interessano le applicazioni radiotecniche non superano generalmente i 300 W di potenza trasformata.	

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
TRASFORMATORE D'USCITA		Serve per accoppiare lo stadio finale di uscita di un amplificatore di bassa frequenza con l'altoparlante. La scelta di un trasformatore di uscita deve tener conto dell'impedenza di carico e di quella del secondario, che deve corrispondere all'impedenza dell'altoparlante. Un altro dato importante è rappresentato dalla potenza di uscita espressa in watt.	
ALTOPARLANTE		E' il più comune dei trasduttori acustici. Trasforma l'energia elettrica in energia acustica. Le caratteristiche principali di questo componente sono: l'impedenza della bobina mobile, il diametro del cono diffusore e le qualità costruttive.	
CAPSULA MICROFONICA		E' il trasduttore acustico contenuto nei microfoni. Può essere di tipo a carbone, magnetico o piezoelettrico. La sua caratteristica fondamentale è la sensibilità.	
TRANSISTOR NPN		E' il semiconduttore a stato solido di tipo più comune. Può essere al germanio o al silicio. E' paragonabile alla valvola elettronica a tre elettrodi (triodo). In esso i cristalli si succedono nel seguente ordine: negativo - positivo - negativo. Gli elettrodi sono: b = base; c = collettore; e = emittore.	

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
TRANSISTOR PNP		Vale quanto detto per il transistor NPN, dal quale si differenzia per la diversa successione dei cristalli impuri in esso contenuti: positivo - negativo - positivo. Anche questo semiconduttore può essere al germanio o al silicio. Gli elettrodi sono: b = base; c = collettore; e = emittore.	
TRANSISTOR FET A CANALE N		Viene chiamato anche « transistor ad effetto di campo ». E' caratterizzato da una elevatissima impedenza di ingresso, paragonabile a quella delle valvole elettroniche. Gli elettrodi sono: G = gate; D = drain; S = source.	
TRANSISTOR FET A CANALE P		E' analogo al transistor precedente. Le caratteristiche sono le stesse ma cambia la polarizzazione. Anche gli elettrodi sono gli stessi del transistor a canale N.	
TRANSISTOR UNIGIUNZIONE		Viene chiamato anche transistor UJT. A differenza dei comuni transistor, che sono dotati di due giunzioni del tipo PN, possiede una sola giunzione, ricavata su un lato di una sbarretta di silicio di tipo N, alle cui estremità sono presenti due elettrodi denominati BASE 1 (B1) e BASE 2 (B2), mentre il contatto con la giunzione viene denominato EMITTORE.	

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
DIODO		Si tratta del semiconduttore di tipo più semplice. Può essere al germanio o al silicio e serve per risolvere il processo della rivelazione dei segnali radio, oppure per raddrizzare le correnti alternate. E' caratterizzato da due elettrodi: l'anodo (A) e il catodo (K).	K A
DIODO ZENER		Questo tipo di diodo riveste particolare importanza in tutti i settori dell'elettronica moderna. Esso sfrutta il cosiddetto « effetto zener ». Quando il diodo è polarizzato in senso diretto, l'intensità di corrente che lo percorre, aumenta rapidissimamente e ciò in corrispondenza di valori molto deboli della tensione applicata. La corrente che attraversa il diodo in senso inverso è debolissima e, pur variando la tensione, rimane costante.	K A
VARICAP		Diodo a capacità variabile. Quando la giunzione del diodo viene polarizzata inversamente, il componente diviene un condensatore la cui capacità varia al variare della tensione applicata. Trova largo impiego nei circuiti a modulazione di frequenza. E' caratterizzato dalla presenza di due elettrodi: l'anodo (A) e il catodo (K).	K A
DIODO SCR		Prende anche il nome di « diodo controllato ». E' composto da quattro strati di silicio, sovrapposti alternativamente, di tipo P ed N, così da formare una struttura NPNP, dotata di tre giunzioni a semiconduttore. Da questi strati di semiconduttore vengono ricavati tre elettrodi che costituiscono i terminali del componente. Essi sono: il catodo, l'anodo e il gate o porta.	G K A

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
DIAC		Può essere considerato la versione, allo stato solido, della lampadina al neon, ovviamente facendo riferimento al funzionamento di questa e non certo alla sua luminosità. Esso diviene conduttore non appena la tensione applicata sui suoi terminali supera un certo valore; al di sotto di questo, il diac si comporta come un elemento isolante.	
TRIAC		E' costituito dal collegamento in antiparallelo di due diodi SCR, essendo il catodo dell'uno collegato con l'anodo dell'altro e viceversa. Ha lo scopo precipuo di controllare potenze elettriche rilevanti. Infatti, mediante l'azione di un opportuno comando, il triac può condurre correnti molto intense, con un tempo di commutazione brevissimo.	G A1 A2
VALVOLA ELETTRONICA DIODO		E' la valvola più semplice, dotata di due soli elettrodi (anodo e catodo). Serve per risolvere il processo di rivelazione dei segnali radio e quello di rettificazione delle correnti alternate.	A K
VALVOLA ELETTRONICA TRIODO		E' dotata di tre elettrodi: l'anodo, il catodo e la griglia controllo; facendo variare la tensione di polarizzazione di griglia, l'amplificazione dei segnali applicati diviene più o meno notevole.	A G1 K

	COMPONENTE AL VERO	ELEMENTI TEORICI E PRATICI	SIMBOLO DEL COMPONENTE
VALVOLA ELETTRONICA TETRODO		Rispetto al triodo possiede un elettrodo in più: la griglia schermo. Viene usata in funzione di elemento amplificatore.	A, G2, G1, K
VALVOLA ELETTRONICA PENTODO		Oltre all'anodo e al catodo, possiede tre griglie, che prendono rispettivamente i nomi di: griglia controllo, griglia schermo e griglia soppressore. Viene usata in funzione di elemento amplificatore.	A, G3, G2, G1, K
QUARZO		Il cristallo di quarzo viene utilizzato nei circuiti di alta frequenza degli apparati trasmittenti, allo scopo di evitare fenomeni di slittamento di frequenza.	
LAMPADA A FILAMENTO		Le lampade di piccole dimensioni, a filamento, vengono montate negli apparati elettronici in funzione di elementi informatori. Prendono anche il nome di lampade-spia. Vengono accese normalmente con una tensione di valore molto basso.	

SPECIALE DIDATTICA

LE RESISTENZE ELETTRICHE

I conduttori elettrici, presenti nei circuiti delle apparecchiature elettroniche, danno via libera al passaggio degli elettroni, cioé alle correnti elettriche, che possono essere erogate da una pila, da una batteria d'auto o da una presa della rete-luce di casa.
In molti punti di un circuito, tuttavia, è necessario dosare la corrente elettrica, cioé limitarne l'entità. Occorrono, insomma, lungo i percorsi della corrente elettrica, delle « porte » di sbarramento, che permettano di dosare a piacimento l'intensità della corrente elettrica, che può essere quella generata dalla pila o quella provocata dalle onde radio captate dall'antenna di una apparecchiatura ricevente. Queste particolari « porte » di sbarramento prendono il nome di « resistenze elettriche ».
Le resistenze che prendono anche il nome di resistori, possono essere di diversi tipi e dimensioni. Ma una prima suddivisione viene fatta fra i due tipi fondamentali di resistenze: quelle fisse e quelle variabili.
Le resistenze fisse rappresentano un impedimento costante al flusso di elettroni, cioé alla corrente elettrica; le resistenze variabili rappresentano un impedimento che può essere variato, a piacere, in qualsiasi momento.
I tipi di resistenze più note, in elettronica, sono le resistenze chimiche, le resistenze a grafite, le resistenze a filo. Le più usate sono, senza dubbio, le resistenze chimiche e quelle variabili a grafite, che prendono il nome di potenziometri.
Il potenziometro è un componente presente in tutti i ricevitori radio, di qualsiasi tipo e grandezza; esso serve per regolare il volume sonoro del ricevitore ed è munito di un perno al quale viene applicata, appunto, la manopola di comando di volume del ricevitore radio.
Il potenziometro di volume, essendo una resistenza variabile, permette di regolare la corrente rappresentativa dei segnali radio che vengono rinforzati, cioé amplificati dai circuiti dell'apparecchio radio.
Anche le resistenze, come tutti gli altri componenti elettronici, hanno una loro unità di misura, che prende il nome di « ohm »; ma molto spesso, nell'elettronica, si utilizzano resistenze di valori relativamente elevati, per cui si fa uso dei

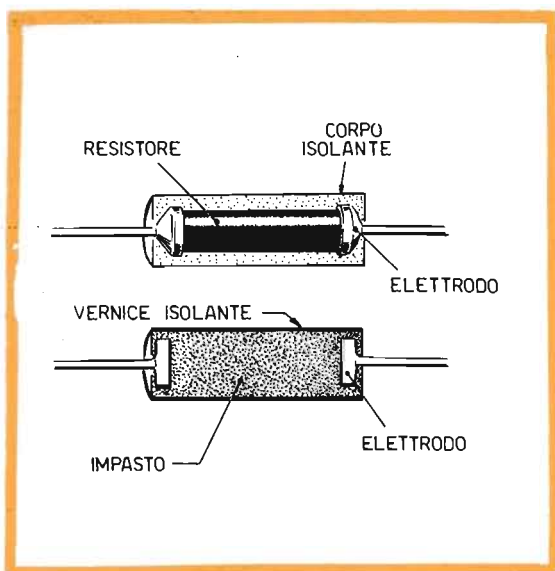
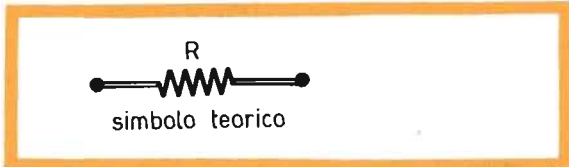



Fig. 1 - Le resistenze, che prendono anche il nome di resistori, possono essere di dimensioni e tipo diversi. Le resistenze chimiche sono certamente le più comuni fra tutte. Queste possono essere prodotte con due sistemi ad impasto di carbone affogato in corpo isolante, oppure con gli elettrodi affogati nell'impasto di carbone. Nel primo caso la resistenza vera e propria è protetta da un corpo isolante; nel secondo caso la resistenza è protetta da una vernice isolante.

Fig. 2 - Negli schemi teorici di tutti i progetti elettronici, la resistenza viene rappresentata per mezzo del simbolo riprodotto nel disegno.

seguenti multipli dell'ohm:

$$K\Omega = \text{kiloohm} = 1.000 \text{ ohm}$$

$$M\Omega = \text{megaohm} = 1.000.000 \text{ ohm}$$

In alcuni tipi di resistenze il valore ohmmico è impresso direttamente sull'involucro esterno del componente. Questo sistema di indicazione del valore della resistenza in cifre viene usato, in particolar modo, nelle resistenze a filo ad elevato wattaggio. Ma il sistema più usato, adottato quasi universalmente dai costruttori di resistenze, è quello dell'indicazione del valore ohmmico mediante uno speciale codice a colori; sull'involucro esterno della resistenza vengono impresse alcune fascette variamente colorate; dal colore di tali fascette e dall'ordine con cui esse si succedono, si deduce l'esatto valore della resistenza.

Non riuscendo a determinare il valore di una resistenza, perché i colori sono scomparsi dal suo involucro, oppure perché essi non sono più chiaramente distinguibili, si effettua la misura della resistenza mediante uno strumento, che prende il nome di « ohmmetro ».

I tecnici elettronici non fanno uso dell'ohmmetro vero e proprio, ma ricorrono all'impiego del « tester », che è uno strumento universale che permette di effettuare una vasta gamma di misure, compresa quella della resistenza.

Fig. 3 - Il valore ohmmico della resistenza può essere riportato direttamente sull'involucro esterno del componente. Ma il sistema più comune, universalmente adottato dai costruttori di resistenze, è quello dell'indicazione del valore ohmmico attraverso alcune fascette, variamente colorate, impresse sul corpo della resistenza, che trovano precisa corrispondenza con uno speciale codice a colori. Il primo anello colorato è sempre quello che si trova alla distanza di 1 mm circa da uno dei due conduttori, a destra o a sinistra. Il quarto anello, quello più distanziato dagli altri, serve a stabilire il valore della tolleranza della resistenza, che può essere del ± 1% (anello di color rosso, del ± 5% (anello di color oro) e del ± 10% (anello di color argento). Facciamo un esempio: se il quarto anello è d'oro e il valore nominale della resistenza è di 100 ohm (marrone - nero - marrone), questo valore può variare entro i limiti di 105-95 ohm.

USO DEL CODICE A COLORI

Il sistema più semplice per apprendere l'uso del codice a colori delle resistenze è quello di seguire

Fig. 4 - I terminali delle resistenze, prima della loro saldatura, debbono essere piegati nella misura e nella forma imposta dal circuito nel quale la resistenza stessa verrà inserita. La piegatura si effettua con una pinza.

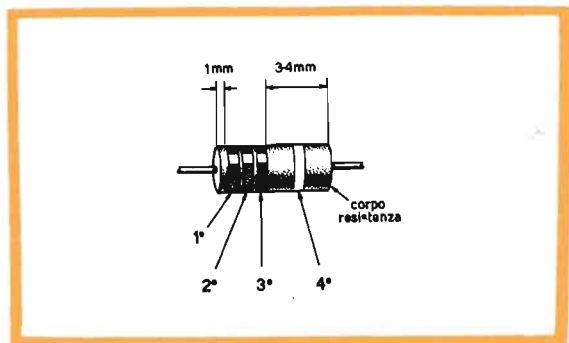
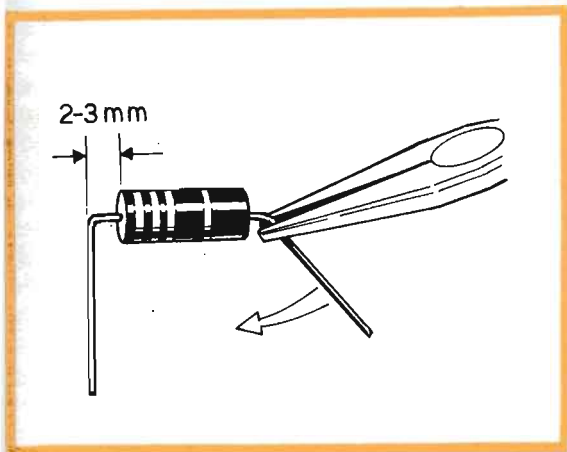



Fig. 5 - Volendo evitare l'uso delle pinze, cioè piegando i terminali di una resistenza con le mani, si possono creare inconvenienti irreparabili, così come illustrato e indicato dal cerchietto riportato nel disegno.

Fig. 6 - I terminali dei resistori non debbono esser lasciati troppo corti. Con i terminali troppo corti, facendo uso di saldatori di media potenza, si incorre nel pericolo di far « bollire » la vernice esterna del componente, alterando il valore ohmmico della resistenza.

Fig. 7 - Le resistenze destinate a comporre il cablaggio di un circuito stampato debbono essere inserite in questo in una determinata posizione. Il disegno raffigura uno dei modi corretti con cui una resistenza è stata saldata sulle piste di un circuito stampato.

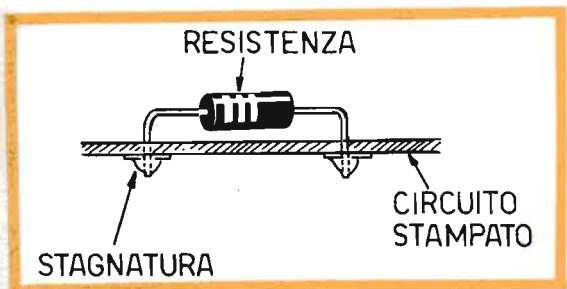



Fig. 8 - Ecco un altro modo corretto per applicare una resistenza su un circuito stampato. La posizione verticale del componente è necessaria quando su una superficie di piccole dimensioni debbono concentrarsi molti componenti elettronici.

Fig. 9 - Con questo semplice schema teorico si vuole simboleggiare il collegamento in parallelo di due resistenze. A tale collegamento è necessario ricorrere quando non si è in possesso di una resistenza di un determinato valore ohmmico, oppure di un determinato wattaggio (potenza di dissipazione). Facciamo un esempio: non avendo sottomano una resistenza da 50.000 ohm, si può ugualmente ottenere tale valore collegando in parallelo due resistenze da 100.000 ohm ciascuna; volendo invece collegare in un punto di un circuito una resistenza da 50.000 ohm - 2 watt, si possono collegare, in parallelo tra di loro, due resistenze da 100.000 ohm - 1 watt ciascuna. Si può dire quindi che, nel collegamento in parallelo, la potenza di dissipazione risultante è data dalla somma delle potenze delle singole resistenze; il valore ohmmico risultante, invece, è dato dalla metà del valore di una delle due resistenze che partecipano al collegamento in parallelo (ciò è valido soltanto quando i valori delle due resistenze sono identici). In ogni caso il valore ohmmico risultante dal collegamento in parallelo di due resistenze R1-R2, si ottiene applicando la formula seguente:

$$R = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

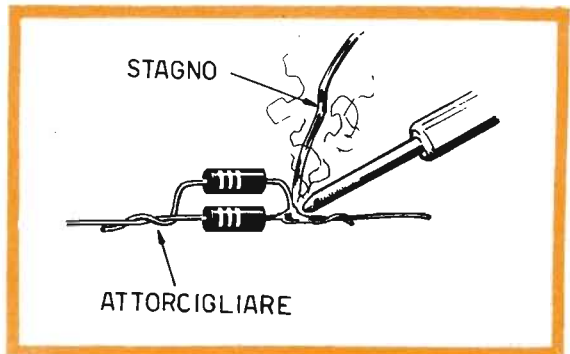



Fig. 10 - Prima di effettuare la saldatura dei terminali di due resistenze collegate in parallelo fra di loro, si debbono attorcigliare i conduttori nel modo indicato in questo disegno. L'attorcigliamento non deve essere eccessivo, in modo da non ostacolare una eventuale operazione di dissaldatura e di separazione delle due resistenze.

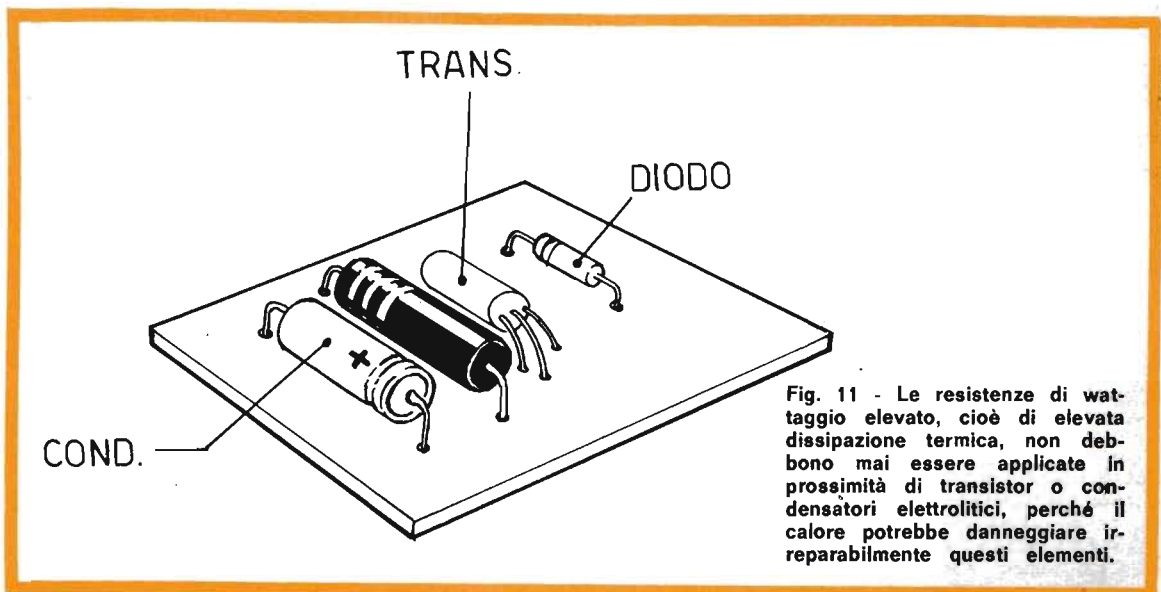



Fig. 11 - Le resistenze di wattaggio elevato, cioè di elevata dissipazione termica, non debbono mai essere applicate in prossimità di transistor o condensatori elettrolitici, perché il calore potrebbe danneggiare irreparabilmente questi elementi.

un esempio pratico.
Per primo anello colorato di una resistenza si intende quello che è situato alla distanza di un millimetro circa dal bordo della resistenza (a destra o a sinistra), dalla parte opposta a quella in cui è presente un quarto anello d'argento o d'oro. Si supponga di aver in mano una resistenza in cui il 1° anello sia di color giallo (il 1° anello è sempre quello che si trova all'estremità opposta rispetto all'anello di color argeento od oro), il 2° anello sia di color viola, il 3° anello sia di color arancione, il 4° anello di color argento. Dal codice si rivela che per il 1° anello, di color giallo c'è corrispondenza con il n. 4; al 2° anello, al color viola, corisponde il n. 7, per il 3° anello, al color arancione, corrispondono tre zeri; mettendo in fila uno dopo l'altro questi numeri si ottiene il valore di quella resistenza, che è di 47.000 ohm, mentre il 4° anello, di color argento,

CODICE A COLORI DELLE RESISTENZE

Colore	1° anello	2° anello	3° anello
Nero	—	0	—
Marrone	1	1	0
Rosso	2	2	00
Arancione	3	3	000
Giallo	4	4	0000
Verde	5	5	00000
Blu	6	6	000000
Viola	7	7	—
Grigio	8	8	—
Bianco	9	9	—

4° anello	Rosso:	tolleranza ± 1%
	Oro:	tolleranza ± 5%
	Argento:	tolleranza ± 10%

Fig. 12 - Quando si rende necessario l'inserimento di una resistenza di potenza elevata in prossimità di transistor e condensatori elettrolitici, conviene montare il componente nel modo indicato nel disegno, tenendo i conduttori molto lunghi, così da isolare termicamente i componenti elettronici dalla resistenza.

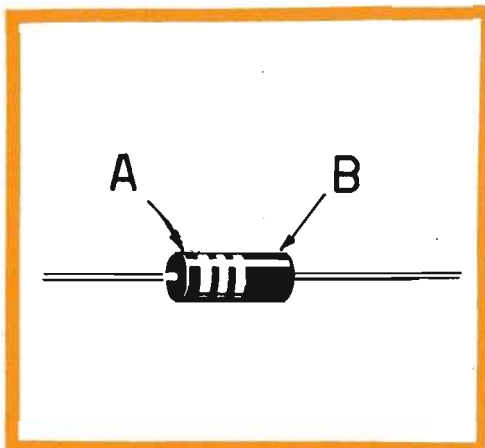
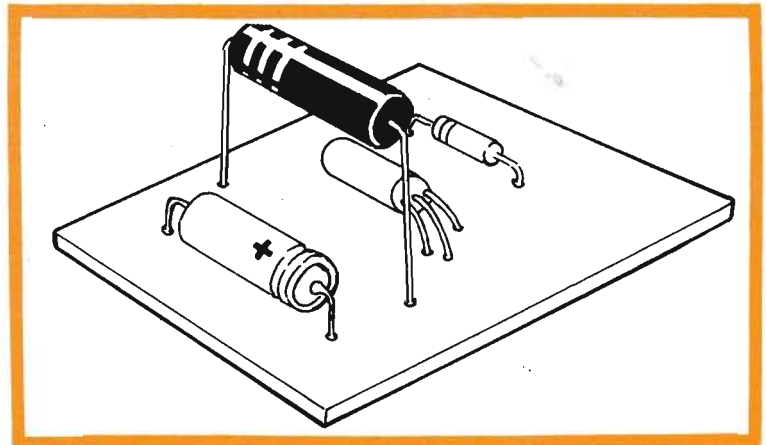



Fig. 13 - Abbiamo contrassegnato con le lettere A e B i terminali di una qualsiasi resistenza, in modo da affidare al lettore principante un concetto fondamentale: la resistenza può essere inserita in un circuito nel senso A - B oppure B - A, indifferentemente, senza timore di alterare le caratteristiche del componente o del circuito. Ciò sta anche a significare che la resistenza non è un componente polarizzato, perché essa può essere comunque inserita nel circuito utilizzatore.

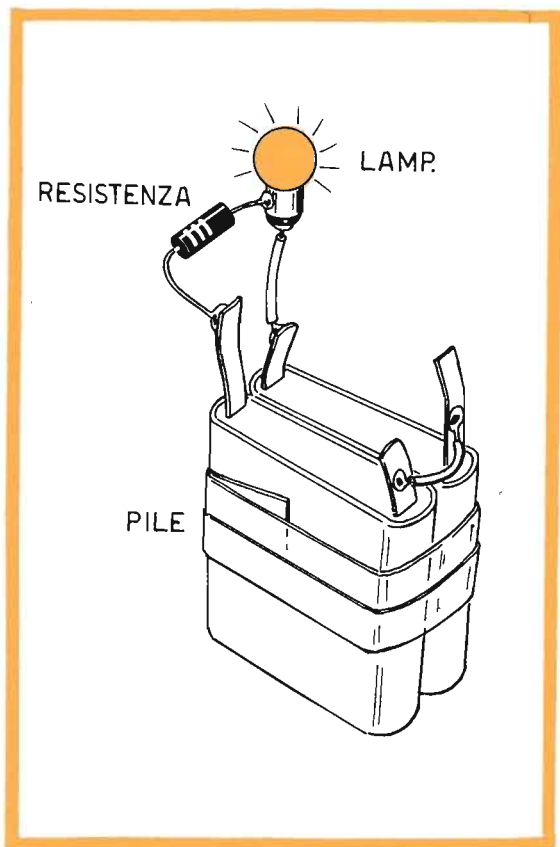
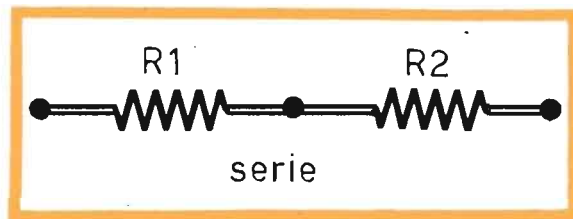



Fig. 14 Per poter assimilare il concetto per cui una resistenza può essere comunque inserita in un circuito utilizzatore, il lettore principiante potrà eseguire questa semplice esperienza, nella quale si fa uso di due pile da 4,5 V, di una resistenza da 33 ohm e di una lampadina da 6 V - 300 mA. Le due pile sono collegate in serie tra di loro, in modo da erogare la tensione complessiva di 9 V. Invertendo il senso di collegamento della resistenza, si noterà che il circuito funziona sempre allo stesso modo, perché la lampadina eroga sempre la stessa quantità di luce.

Fig. 15 - Così viene simboleggiato, nei circuiti teorici, il collegamento in serie di due resistenze.

sta a significare che la tolleranza di quella resistenza è di ± 10%.
La tolleranza sta ad indicare la percentuale di discordanza, in più o in meno, tra il valore effettivo della resistenza e il valore indicato.

NATURA DELLE RESISTENZE

Le resistenze radioelettriche vengono prodotte dall'industria moderna con materiale e metodi di fabbricazione alquanto diversi; i sistemi più comuni si riducono a quattro: resistenze ad impasto di carbone, resistenze a strato di carbone, resistenze a strato metallico e resistenze a filo metallico. Oltre a ciò variano anche i materiali di rivestimento isolante, tra i quali si possono ricordare, la lacca, lo smalto, le resine al silicone e le resine vetrificate. Tutti questi tipi di resistenze, che vengono normalmente montate nei circuiti radioelettrici, presentano proprietà leggermente diverse: le resistenze ad impasto di carbone, ad esempio, consentono una buona dissipazione di calore, cioé di potenza elettrica, e vantano una normale stabilità di funzionamento. Le resistenze a strato di carbone sono costituite da un sottile deposito di carbone su un supporto isolante e chimicamente puro; con esse è pos-

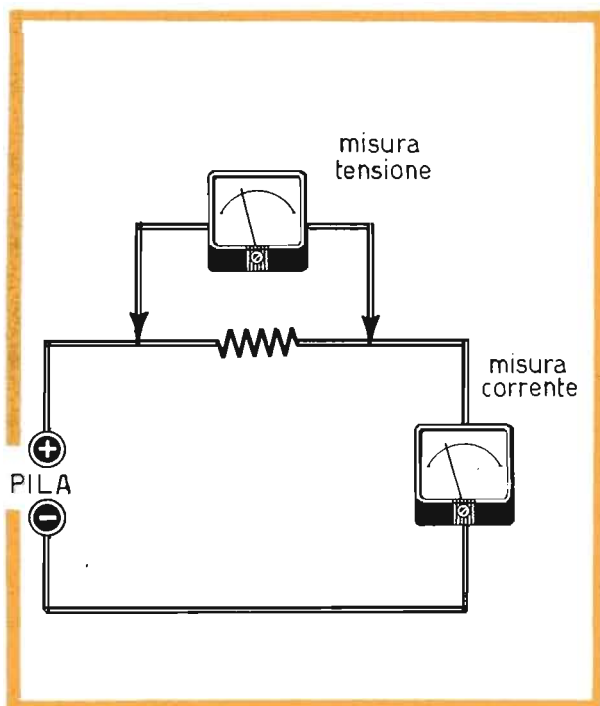
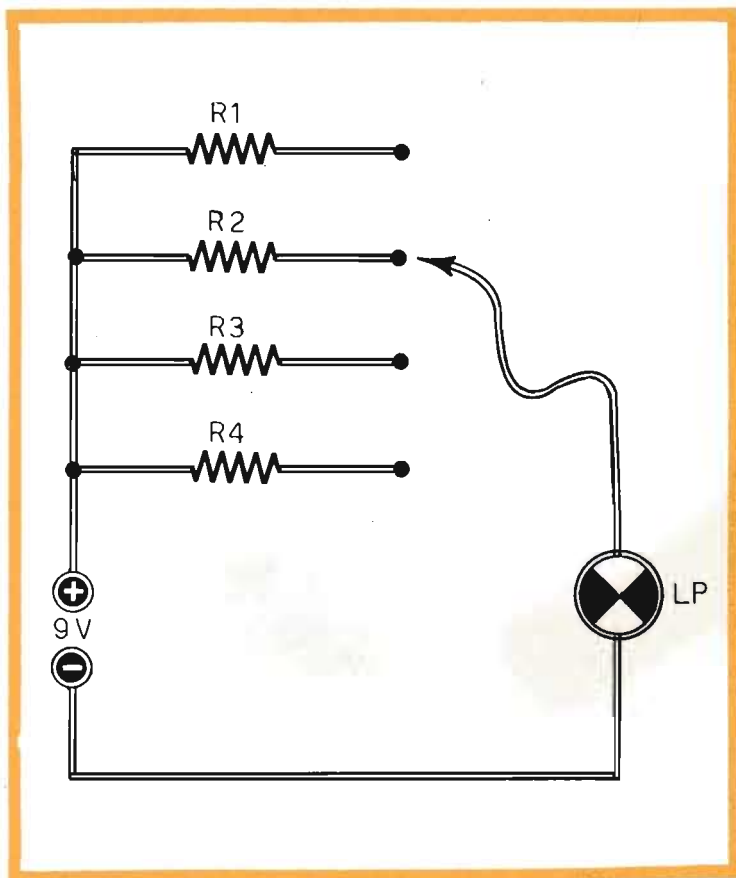
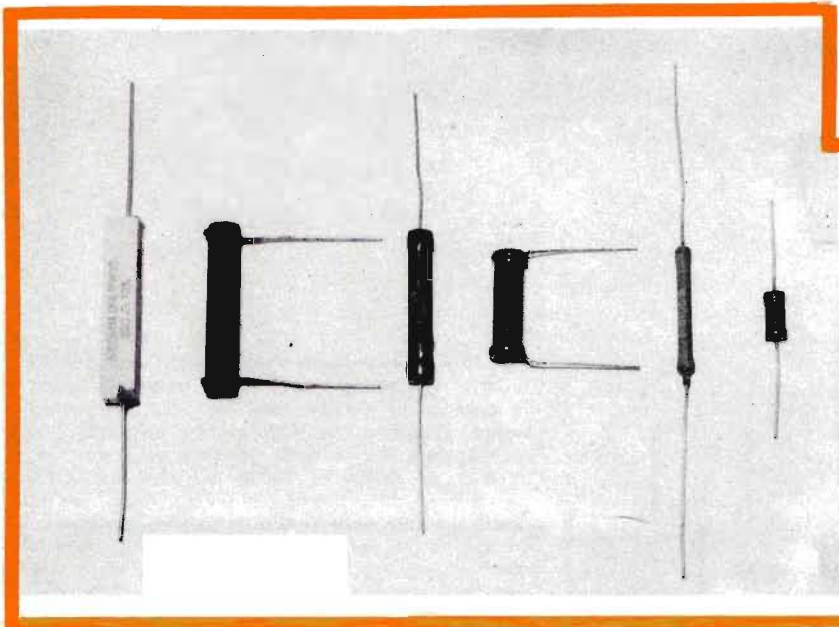



Fig. 16 - Le grandezze elettriche che caratterizzano tutte le resistenze sono due: il valore ohmmico e la potenza di dissipazione elettrica. Misurando il valore della tensione presente sui terminali di una resistenza è quello della corrente elettrica che la percorre, è possibile risalire ai valori prima citati per mezzo della legge di Ohm. Infatti, moltiplicando il valore della tensione, rilevato per mezzo di un voltmetro, per quello della corrente, letto sul quadrante di un amperometro, si ottiene il valore della potenza espresso in watt (W = V × A).
Il valore della potenza di una resistenza sta ad indicare a quali valori massimi di tensione o di corrente può essere sottoposta la resistenza stessa, senza che questa subisca il fenomeno del cortocircuito (bruciatura).

Fig. 17 - Realizzando questo semplice circuito, si esegue un importante esperimento, che interpreta il fenomeno di opposizione della resistenza al passaggio della corrente elettrica. La tensione di alimentazione del circuito è ottenuta per mezzo di due pile, da 4,5 V ciascuna, collegate in serie tra di loro. La lampadina LP è di tipo per 6 V - 300 mA. I valori delle resistenze sono:
R1 = 12 ohm
R2 = 33 ohm
R3 = 56 ohm
R4 = 200 ohm
La potenza di dissipazione di tutte le resistenze è di 1/2 watt.
Una volta montato il circuito, il lettore potrà notare che, inserendo le quattro resistenze secondo l'ordine numerico progressivo (R1-R2-R3-R4), la lampadina emetterà una quantità di luce via via più bassa, perché l'aumento della resistenza oppone uno ostacolo sempre più grande al passaggio della corrente. Si tenga presente che la dissipazione termica, per le resistenze R1-R2, è superiore al limite massimo consentito. Non bisogna quindi sottoporle al passaggio di corrente per un tempo troppo lungo.

Non tutte le resistenze elettriche (resistori) sono del tipo a lettura in codice a colori. Anche i resistori, qui illustrati, sono molto comuni nei circuiti degli apparecchi radio, dei televisori e degli apparati elettronici in genere. Anche in questi tipi di resistenze, nei quali risulta indicato il valore della potenza di dissipazione, la grandezza del componente è in proporzione diretta con la potenza.

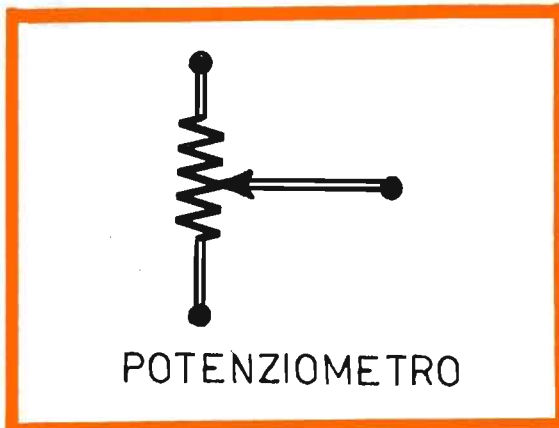
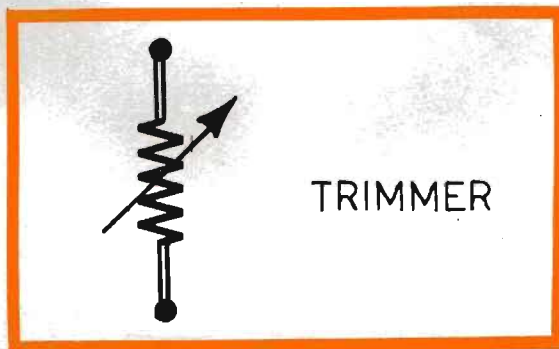



Fig. 18 - Simbolo elettrico della resistenza variabile, denominata anche « potenziometro ». Questo tipo di resistenza può essere a strato di grafite o a filo, a seconda della potenza elettrica richiesta dal circuito in cui il componente viene inserito. Il tipo più semplice di potenziometro è dotato di tre terminali: quello centrale è il terminale del cursore.

Fig. 19 - La resistenza semifissa viene anche denominata « trimmer potenziometrico ». Essa, pur essendo una resistenza variabile come il potenziometro, si differenzia da questo per il fatto che le variazioni ohmmiche non si ottengono direttamente con la rotazione manuale di un perno, ma tramite un cacciavite o altro utensile.

sibile raggiungere un alto grado di stabilità di funzionamento e valori di tolleranza molto ristretti. Le resistenze a strato metallico sono costituite da uno strato metallico depositato su un supporto isolante: anche questi tipi di resistenze permettono di ottenere tolleranze molto ristrette sul valore nominale.

Le resistenze a filo metallico, isolate in smalto e cementati, vengono impiegate principalmente per dissipare potenze rilevanti; è ovvio che questi tipi di resistenze vengono costruiti in dimensioni di gran lunga superiori a quelle delle cosiddette resistenze chimiche; anche il loro costo è superiore.

VALORI COMMERCIALI DELLE RESISTENZE

Le case costruttrici di resistenze radioelettriche producono tutte una vasta gamma di resistenze

La potenza di dissipazione delle resistenze elettriche è un dato che non viene espressamente indicato sul corpo del componente, quando in questo la resistenza ohmmica è deducibile attraverso il codice a colori. Comunque la grandezza è già di per sé un dato indicativo. Le resistenze da 1/8 di watt sono piccole, quelle da 2 W sono molto più grandi.

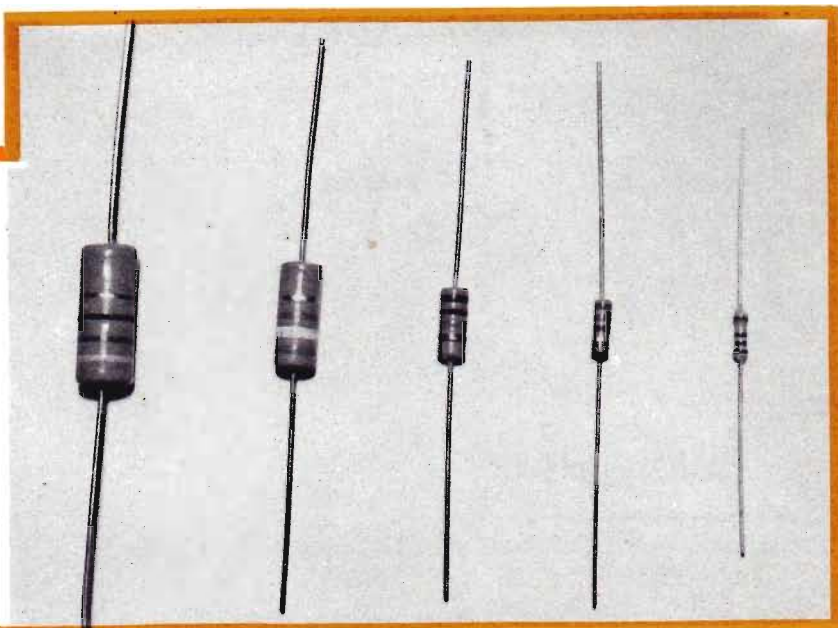
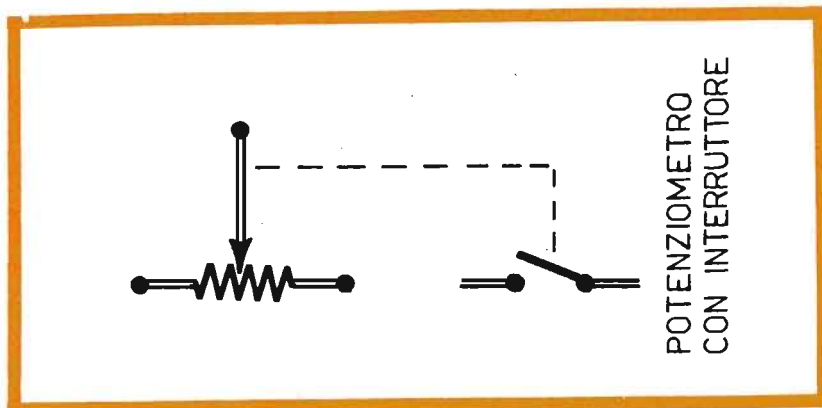



Fig. 20 - Molti tipi di potenziometri sono dotati anche di interruttore elettrico. In tal caso il simbolo del componente è quello qui riportato.

di valori ohmmici diversi, ma questi valori non possono, ovviamente seguire l'ordine numerico progressivo normale. Per le resistenze a strato di carbone, ad esempio, le case costruttrici si sono orientate su una gamma di produzione di valori commerciali, per i quali non esistono valori intermedi. Ad esempio, non è possibile reperire in commercio una resistenza a strato di carbone del valore di 50.000 ohm, perché una tale resistenza non viene prodotta. Quando il radiotecnico professionista o dilettante necessita di una resistenza di questo valore, deve comporla ricorrendo al collegamento in serie, in parallelo o misto, di più resistenze, con lo scopo di raggiungere il preciso valore di 50.000 ohm. Altrimenti, occorre utilizzare una resistenza di tipo standard di valore immediatamente inferiore o superiore; in questo caso i due valori sono quelli di 47.000 ohm e 56.000 ohm.

VALORI COMMERCIALI DELLE RESISTENZE

Ω	Ω	Ω	KΩ	KΩ	KΩ	MΩ	MΩ
1	10	100	1	10	100	1	10
1,2	12	120	1,2	12	120	1,2	12
1,5	15	150	1,5	15	150	1,5	15
1,8	18	180	1,8	18	180	1,8	18
2,2	22	220	2,2	22	220	2,2	22
2,7	27	270	2,7	27	270	2,7	
3,3	33	330	3,3	33	330	3,3	
3,9	39	390	3,9	39	390	3,9	
4,7	47	470	4,7	47	470	4,7	
5,6	56	560	5,6	56	560	5,6	
6,8	68	680	6,8	68	680	6,8	
8,2	82	820	8,2	82	820	8,2	

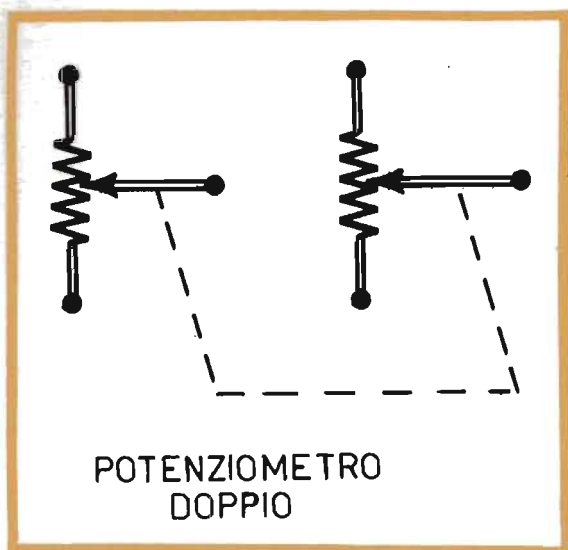



Fig. 21 - In taluni tipi di apparati amplificatori di bassa frequenza e, in particolar modo, negli amplificatori stereo, sono presenti potenziometri doppi a comando unico il cui simbolo elettrico è quello qui raffigurato. Un solo perno permette di ottenere identiche variazioni resistive, contemporanee, nei due potenziometri accoppiati.

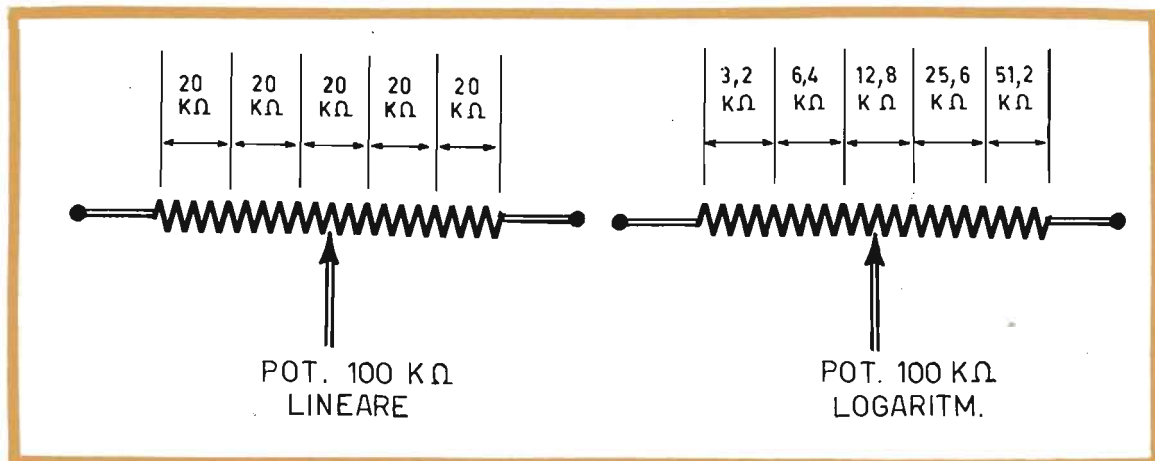
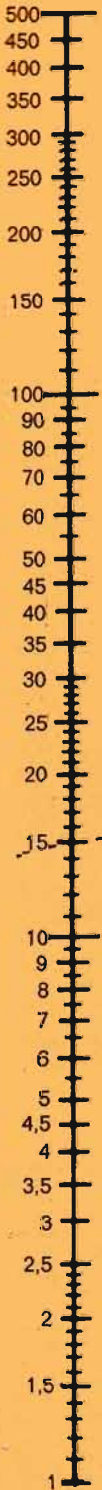
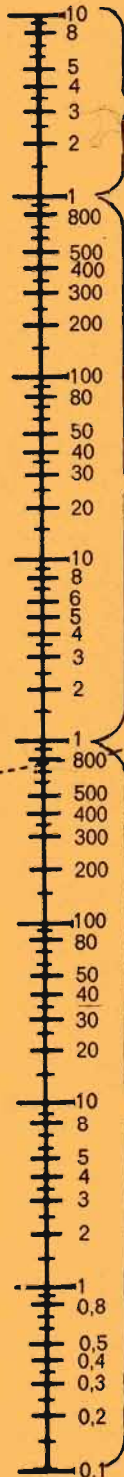
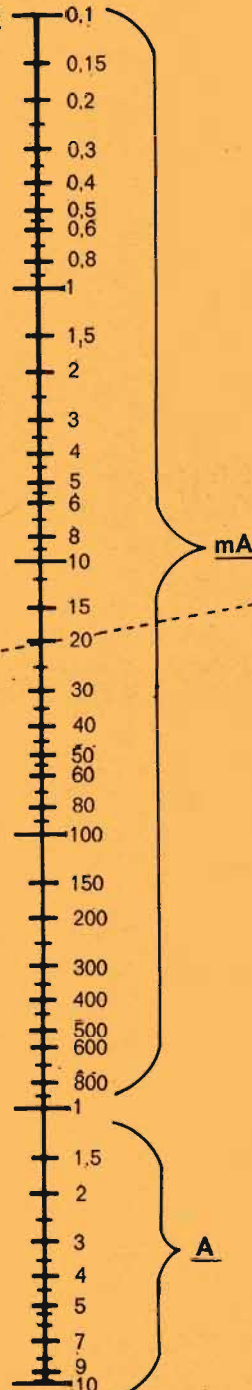
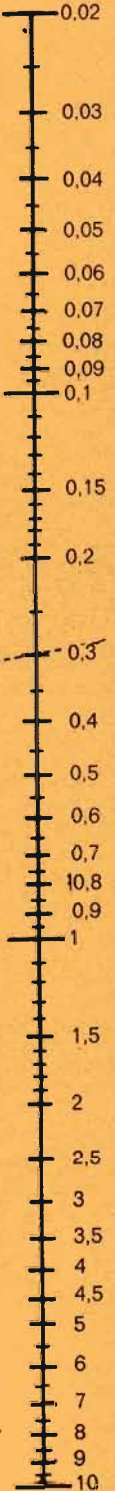



Fig. 22 - I potenziometri si distinguono elettricamente fra loro in due tipi: potenziometri a variazione lineare e potenziometri a variazione logaritmica. Nei primi, ad ogni spostamento del cursore di una stessa misura corrisponde una identica variazione resistiva. Per esempio, per ogni spostamento di 2 mm del cursore può corrispondere sempre una variazione di 20.000 ohm. Nei potenziometri a variazione logaritmica, invece, mano a mano che il cursore si sposta da un'estremità all'altra, le variazioni resistive aumentano. Nel disegno si nota che, per uno spostamento uguale e successivo, la variazione resistiva è doppia.

L'ABACO PRODIGIOSO

La legge di Ohm, come è noto, permette di conoscere il valore di una delle tre grandezze caratteristiche delle resistenze elettriche, quando siano conosciute le altre due. Ma la legge di Ohm implica, assieme a quella di Joule, la conoscenza delle regole più elementari dell'algebra. Volendo dimenticare ogni tipo di calcolo, è sempre possibile ricorrere all'uso di abachi, come quello riportato nella pagina seguente. Servendosi di questo abaco il lettore, conoscendo due delle quattro grandezze elettriche (volt-ohm-ampere-watt), potrà immediatamente conoscere le rimanenti due. La linea tratteggiata, riportata nell'abaco, costituisce un esempio di pratica applicazione. Se la resistenza ha il valore di 900 ohm e sui suoi terminali si misura la tensione di 15 V, quella resistenza è attraversata da una corrente di 20 mA e da una potenza elettrica di 0,3 W. Per l'uso dell'abaco occorre munirsi di un righello da porsi, di volta in volta, in corrispondenza di due valori riportati su due delle quattro colonne dell'abaco.

VOLTAGGIO (volt)
500 450 400 350 300 250 200 150 100 90 80 70 60 50 45 40 35 30 25 20 15 10 9 8 7 6 5 4,5 4 3,5 3 2,5 2 1,5 1
RESISTENZA
10 8 5 4 3 2 1
MΩ
800 500 400 300 200 100 80 50 40 30 20 10 8 6 5 4 3 2 1
KΩ
800 500 400 300 200 100 80 50 40 30 20 10 8 5 4 3 2 1 0,8 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1
Ω
CORRENTE
0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 1,5 2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 40 50 60 80 100 150 200 300 400 500 600 800
mA
1 1,5 2 3 4 5 7 9 10
A
POTENZA (watt)
0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 6 7 8 9 10

SPECIALE DIDATTICA

3. I CONDENSATORI ELETTRICI

Chi osserva il circuito interno di un apparecchio radio, si accorge che esso è composto, principalmente, da un certo numero di resistenze e di condensatori, oltre che da un certo numero di altri componenti. Delle resistenze abbiamo avuto occasione di parlarne in precedenza; parleremo ora dei condensatori.
Il condensatore, nella sua forma più semplice,è costituito da due lamine metalliche, chiamate « armature », affacciate a breve distanza tra di loro e separate da un isolante, che prende il nome di « dielettrico ».
Così sono concepiti tutti i condensatori, anche se varia la loro grandezza, la loro forma, e se diverso è il loro impiego.
Generalmente, l'elemento isolante, interposto tra le armature di un condensatore, cioé il « dielettrico », è l'aria, la mica, la ceramica, la carta paraffinata, l'olio. Questi condensatori prendono rispettivamente il nome di condensatori ad aria, a mica, a ceramica, a carta paraffinata, ad olio.
Il nome di condensatore deriva dal fatto che sulle superfici contrapposte delle armature si trovano condensate le cariche elettriche libere, le quali producono un campo elettrico fra le superfici affacciate delle armature stesse. Si può dire quindi che il condensatore rappresenti un serbatoio di cariche elettriche e, in pratica, di energia elettrica. Tale definizione non deve tuttavia creare confusione fra il condensatore, le pile e gli accumulatori elettrici, perché le pile e gli accumulatori elettrici rappresentano altrettanti serbatoi di energia elettrica, ma, a differenza dei condensatori, sono dei veri e propri generatori di elettricità. Il condensatore invece non genera elettricità e quella in esso contenuta proviene sempre da un generatore, che può essere appunto una pila o un accumulatore.
In generale, ogni corpo conduttore può essere sempre considerato come l'armatura di un condensatore, di cui l'altra armatura è rappresentata dal suolo, o dalle pareti di una stanza o, più comunemente, da tutti gli altri corpi conduttori circostanti, appoggiati o collegati a terra. La quantità di cariche elettriche, rispettivamente positive e negative, che si trovano separate

Fig. 2 - Nella rappresentazione di schemi e progetti elettronici, anche il condensatore elettrico viene raffigurato mediante un simbolo: quello qui riprodotto.

Fig. 1 - Il condensatore elettrico, nella sua espressione più elementare, si compone di due piastre metalliche affacciate fra di loro; su ognuna delle due piastre è collegato elettricamente un filo conduttore, che prende il nome di elettrodo; fra le due piastre è interposto l'elemento isolante, che prende il nome di « dielettrico »; questo ultimo può essere un elemento gassoso, liquido o solido (aria, olio, mica, ceramica, carta ecc.).

Fig. 3 - Il valore risultante dal collegamento in serie di due condensatori di valore capacitivo diverso è ottenuto per mezzo della seguente formula:

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

Fig. 4 - Il calcolo del valore capacitivo risultante dal collegamento in parallelo di due o più condensatori, è semplice: basta sommare tra di loro i valori capacitivi dei singoli condensatori.

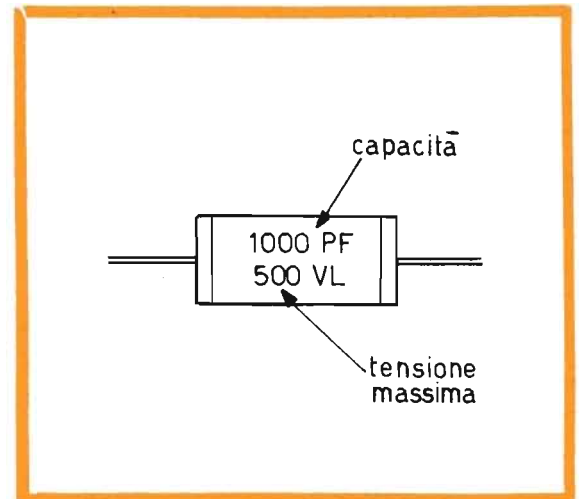



Fig. 5 - In molti tipi di condensatori il valore capacitivo e quello della tensione di lavoro, cioè il valore massimo della tensione cui può essere sottoposto il condensatore, sono riportati sull'involucro esterno del componente.

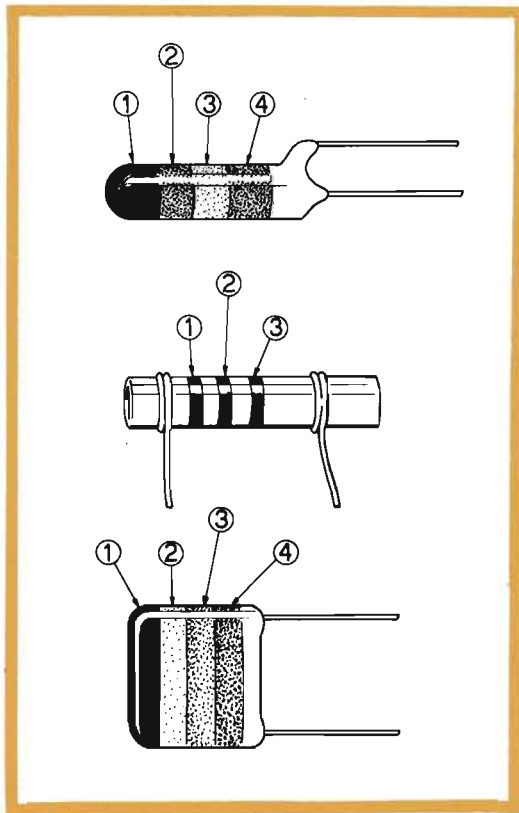
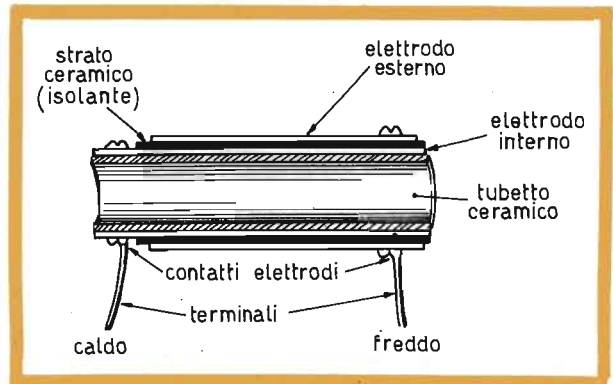



Fig. 6 - Esistono molti tipi di condensatori nei quali il valore capacitivo è espresso tramite un codice a colori, così come avviene per molti tipi di resistenze. In questo caso vale sempre lo stesso codice a colori delle resistenze. Il colore della quarta fascetta o striscia sta ad indicare la percentuale di tolleranza del reale valore capacitivo.

Fig. 7 - Questo disegno vuol dimostrare, in sezione, la composizione di un condensatore ceramico di tipo a tubetto. In esso si può constatare che, per ragioni costruttive, uno dei due elettrodi del componente costituisce l'involucro esterno del condensatore.
Quando si usa il condensatore in veste di elemento disaccoppiatore, conviene sempre collegare a massa l'elettrodo esterno (terminale freddo); ciò è necessario per impedire l'insorgere di eventuali inneschi nei circuiti elettronici e per raggiungere una certa schermatura dell'elettrodo « caldo ».

tra di loro sull'una o sull'altra armatura, rappresenta la « carica elettrica del condensatore »: essa viene misurata in « coulomb » ed è chiaro che la carica elettrica positiva di un'armatura è sempre uguale, in valore, alla carica elettrica negativa dell'altra.
Buona parte delle nozioni fin qui esposte interessano relativamente il lettore principiante, perché le notizie più importanti sono le seguenti: il valore capacitivo del condensatore, la sua tensione di lavoro e, cosa più importante di tutte, il fatto che il condensatore è un componente che si lascia attraversare dalle correnti elettriche variabili e non da quelle continue.
Quest'ultima nozione, che è forse la più importante di tutte, richiede una particolare interpretazione, che può essere ancor meglio assimilata attraverso qualche semplice esperimento. Ma di ciò parleremo in altra occasione. Per ora basti sapere che, inserendo un condensatore lungo un filo conduttore di corrente alternata, esso, pur presentando una sua propria e caratteristica resistenza, è un buon conduttore di elettricità. Inserendo invece un condensatore nel circuito di alimentazione di una pila, esso risulta conduttore soltanto per il brevissimo tempo in cui le armature del componente assumono una differenza di potenziale, cioé una tensione pari a quella misurabile sui morsetti della pila. Tale fenomeno, del resto, è facilmente intuibile, perché discende immediatamente dalle affermazioni or ora esposte. Nel momento in cui si inserisce un condensatore nel circuito di alimentazione esterno di una pila, la tensione sulle armature è di 0 V; questo valore di tensione aumenta progressivamente fino a raggiungere quello reale della pila; ma durante questo processo, che è un processo di carica del condensatore, la corrente varia dal valore iniziale, che è un valore nullo, fino al valore massimo consentito dalle caratteristiche elettriche del circuito. Si tratta quindi di una corrente variabile e, come abbiamo detto, il condensatore è un componente conduttore delle correnti variabili (il tipo più noto di corrente variabile è quello della corrente alternata).
Ai concetti fin qui esposti di conducibilità dei condensatori ci si arriva gradatamente, attraverso la conoscenza di tutte quelle nozioni elettriche che regolano il comportamento stesso dei condensatori. Eppure, lo ripetiamo, ancora una volta, al lettore che sta muovendo i primi passi in questa meravigliosa disciplina, che prende il nome di elettronica, interessa prima di tutto sa-

pere che il condensatore è un componente conduttore delle correnti variabili, anche se la sua maggiore o minore conducibilità è condizionata da talune grandezze elettriche tra le quali, prima fra tutte, la speciale resistenza che il condensatore oppone al passaggio delle correnti variabili e che prende il nome di « reattanza ».
Ma per coloro che volessero saperne ancora di più, parleremo ora di una delle grandezze fondamentali del condensatore: la capacità.
Per parlare di capacità è necessario parlare di carica elettrica, ma i nostri lettori sanno che cosa sono le cariche elettriche, cioé un concentrato di elettroni, nel caso di cariche elettriche negative oppure di atomi depauperati di elettroni, nel caso di cariche elettriche positive.

Fig. 9 - La distanza che intercorre fra gli elettrodi di un condensatore stabilisce il potere di isolamento del componente. E' ovvio tuttavia che, aumentando l'isolamento, cioé la distanza che intercorre fra i due elettrodi, diminuisce la capacità del condensatore. Se due condensatori hanno lo stesso valore capacitivo, ma le tensioni di lavoro sono diverse, quello a maggiore isolamento si presenterà in dimensioni più voluminose.

CAPACITA' DI UN CONDENSATORE

La carica elettrica che un dato condensatore viene ad assumere, dipende unicamente dalla tensione esistente fra le armature. Però, due o più condensatori diversi, quando vengono caricati tutti fino a raggiungere la medesima tensione, assumono, in generale, sulle rispettive armature, delle quantità di elettricità differenti.
Si esprime brevemente questo fatto dicendo che i vari condensatori, per una data tensione, assumono sulle armature una carica elettrica maggiore, mentre hanno una capacità minore quei condensatori che assumono una carica elettrica minore.
D'altra parte, per uno stesso condensatore, la quantità di elettricità, o carica elettrica, che si trova addensata sulle armature, è proporzionale

Fig. 10 - Tutti i condensatori, quando essi non siano degli elettrolitici, possono venire comunque montati nei circuiti, senza tener conto di alcuna polarità. Il risultato è dunque sempre lo stesso, sia che si monti il condensatore in un senso, sia che lo si monti nell'altro.

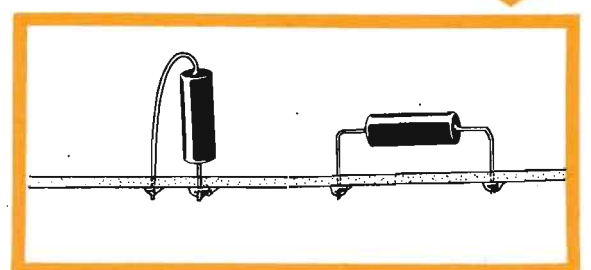
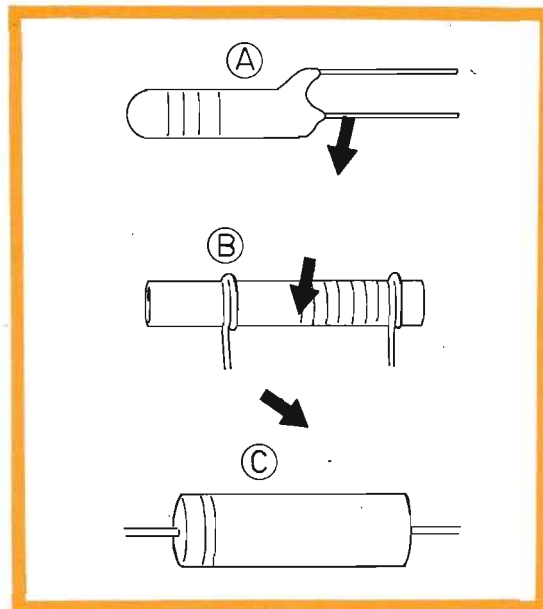



Fig. 8 - Non sempre è facile riconoscere e distinguere in un condensatore il terminale freddo da quello caldo. Le frecce, riportate in corrispondenza degli elettrodi dei tre diversi tipi di condensatori proposti nel disegno, stanno ad indicare il terminale freddo. Nel condensatore A, ad esempio, il terminale freddo è quello che risulta più distanziato dal corpo del componente. Nel condensatore contrassegnato con la lettera B, il terminale freddo è quello che si trova dalla parte in cui la zona libera appare più lunga. Nel condensatore contrassegnato con la lettera C il terminale freddo è indicato per mezzo di un anello colorato; molto spesso questo appare sostituito con il classico simbolo teorico indicante la massa.

in ogni caso alla tensione esistente fra un'armatura e l'altra. Ossia, comunque si vari lo stato di carica di un dato condensatore, la carica elettrica dislocata sulle armature, e la corrispondente tensione fra un'armatura e l'altra, aumentano o diminuiscono in proporzione. Ne segue che il rapporto tra la carica elettrica « Q » e la tensione « V » rimane sempre costante, e costituisce una grandezza fisica caratteristica, che ha un valore determinato per ogni singolo condensatore; questo rapporto viene assunto a definire precisamente la « capacità C » del condensatore ponendo senz'altro:

$$C = \frac{Q}{V}$$

nella quale « C » è la « capacità » del condensatore, « Q » è la « carica » elettrica in coulomb e « V » è la « tensione » in volt.
In tal caso si viene a definire la capacità di ogni condensatore mediante la carica elettrica che esso assume, rapportata all'unità di tensione. Cioè la capacità viene definita mediante la quantità di elettricità che viene a trovarsi contrapposta sulle armature, positiva sull'una e negativa nell'altra, quando esiste tra di esse la tensione di un volt.
Poiché il « coulomb » rappresenta l'unità di misura della quantità di elettricità o di carica elettrica corrispondente ad 1 ampere al secondo, si può dire che la capacità di un condensatore esprime in generale quel numero costante di coulomb che devono essere di volta in volta dislocati sulle armature affinché la tensione tra l'una e l'altra si elevi ogni volta e progressivamente di 1 volt.
La capacità dei condensatori viene misurata conseguentemente in coulomb per volt (coulomb /volt). In memoria del fisico inglese « Farady », l'unità di capacità così definita viene designata col nome internazionale di « farad », ponendo precisamente:

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}$$

Ed ecco un'altra notizia molto importante per i principianti di elettronica.
La capacità di un condensatore dipende dalla superficie affacciata delle armature, dalla distanza che separa le armature stesse e dal tipo di dielettrico interposto.
Facciamo un esempio pratico. Tutti i nostri lettori conoscono il condensatore variabile e sanno che questo è composto da uno « statore » e da un « rotore ». Lo statore è costituito da un insieme di lamine, affacciate fra di loro e costantemente fisse. Il rotore è composto da un insieme di lamine, affacciate tra di loro, mobili, perché esse sono tutte pilotate da un perno; la rotazione di questo perno permette alle lamine mobili di affacciarsi più o meno in corrispondenza delle lamine fisse. Ne consegue che il condensatore variabile assume il suo massimo valore capacitivo quando le lamine mobili sono completamente affacciate alle lamine fisse; esso assume il suo minimo valore capacitivo quando, ruotando il perno del rotore, si estraggono completamente le lamine mobili dal componente, facendo in modo che le superfici affacciate tra di loro risultino al valore minimo possibile.

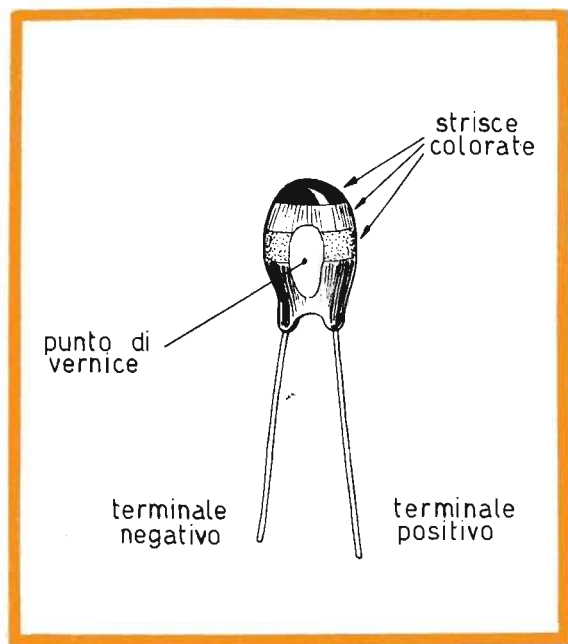



Fig. 11 - Il condensatore al tantalio è un componente polarizzato, così come lo è il condensatore elettrolitico. Il terminale positivo si trova a destra del componente osservando frontalmente il condensatore dalla parte in cui è riportato un punto colorato. Le varie strisce colorate determinano, tramite il codice, il valore capacitivo, tenendo conto che la prima striscia è quella riportata sulla parte più alta del condensatore.

MISURE DI CAPACITA'

L'unità di misura delle capacità elettriche è il « farad » (abbrev. F). Tale unità di misura è però molto grande, per cui vengono sempre impiegati i suoi sottomultipli. Essi sono:
il microfarad (μF) = un milionesimo di farad

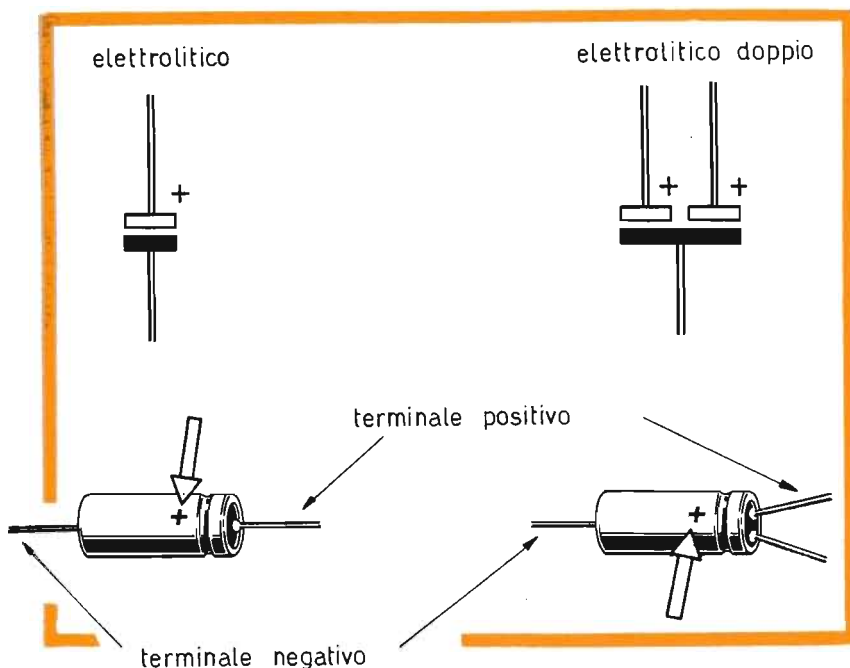



Fig. 12 - Il « condensatore elettrolitico » è quello che è destinato ad immagazzinare una grande quantità di cariche elettriche; esso è presente nei circuiti di alimentazione dei ricevitori radio e può assumere diverse forme. Nei condensatori elettrolitici il dielettrico è costituito da uno strato di ossido che viene a formarsi sulle superfici affacciate di due nastri di alluminio, separate da un elettrolita, quando esse sono sottoposte ad un determinato potenziale elettrico. Sui terminali dei condensatori elettrolitici viene sempre indicata la loro polarità, per cui un terminale deve sempre essere collegato al potenziale positivo, l'altro al negativo. L'nversione delle polarità danneggerebbe irreparabilmente il condensatore. In generale, su tutti i condensatori elettrolitici il terminale positivo del componente si trova da quella parte in cui, sull'involucro esterno, è riportata una crocetta (+), mentre il terminale negativo si trova da quella parte in cui, sempre sull'involucro esterno del componente, è riportato un trattino (—). In taluni tipi di condensatori elettrolitici il terminale positivo si trova da una parte, ed appare completamente isolato, mentre il terminale negativo si trova all'estremità opposta e risulta in intimo contatto elettrico con l'involucro metallico esterno del condensatore. In taluni tipi moderni di condensatori elettrolitici il terminale positivo è rappresentato da un conduttore più lungo di quello negativo. Nei condensatori elettrolitici doppi o tripli (condensatori nei quali sono incorporati due o tre condensatori) sono presenti due o tre terminali positivi, mentre vi è un unico conduttore negativo, comune per i due o i tre condensatori; anche in questo caso il conduttore negativo si trova in intimo contatto elettrico con l'involucro metallico esterno del componente. Sull'involucro esterno della maggior parte dei condensatori impiegati nei circuiti radio, viene sempre indicato il valore capacitivo e quello della tensione massima alla quale possono venire sottoposti; il corretto impiego di un condensatore impone di non oltrepassare mai il limite della sua tensione di lavoro, giacché tensioni più elevate finirebbero col perforare il dielettrico, danneggiando il condensatore.

LP
RETE
C1

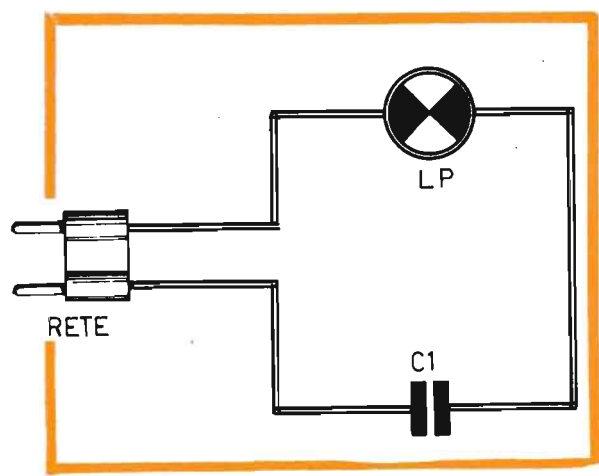



Fig. 13 - Questo semplice circuito teorico vuol dimostrare, attraverso la realizzazione pratica, rappresentata nel disegno seguente, che la corrente alternata attraversa il condensatore.

il picofarad (pF) = un milionesimo di milionesimo di farad.

Il picofarad si usa generalmente per valori fino a 100.000 pF. Per capacità più grandi si usa il microfarad.

Occorre ricordare, ad ogni modo, giacché a volte si usa il microfarad anche per valori non molto elevati, che 1 picofarad (1 pF) = 0,000.001 microfarad per cui 100.000 pF = 0,1 µF.

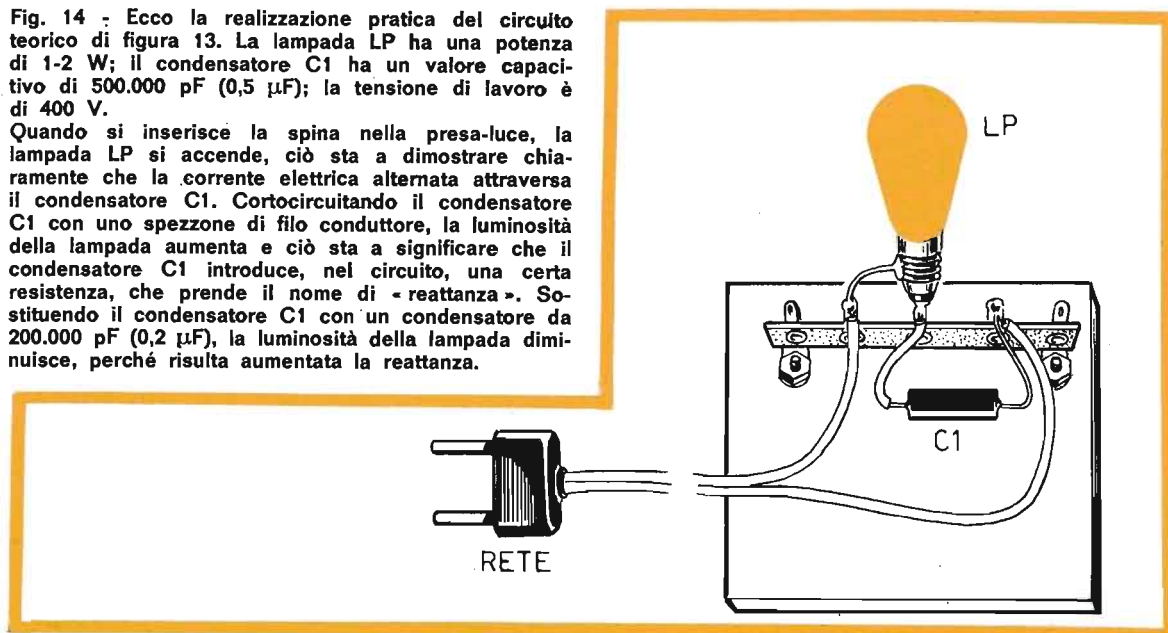
COLLEGAMENTO IN PARALLELO DI CONDENSATORI

I condensatori possono collegarsi tra di loro con due sistemi diversi: in parallelo ed in serie. Il

Fig. 14 - Ecco la realizzazione pratica del circuito teorico di figura 13. La lampada LP ha una potenza di 1-2 W; il condensatore C1 ha un valore capacitivo di 500.000 pF (0,5 μF); la tensione di lavoro è di 400 V.
Quando si inserisce la spina nella presa-luce, la lampada LP si accende, ciò sta a dimostrare chiaramente che la corrente elettrica alternata attraversa il condensatore C1. Cortocircuitando il condensatore C1 con uno spezzone di filo conduttore, la luminosità della lampada aumenta e ciò sta a significare che il condensatore C1 introduce, nel circuito, una certa resistenza, che prende il nome di « reattanza ». Sostituendo il condensatore C1 con un condensatore da 200.000 pF (0,2 μF), la luminosità della lampada diminuisce, perché risulta aumentata la reattanza.

LP

C1

RETE

collegamento in parallelo è quello in cui due o più condensatori sono collegati tra di loro uno di fianco all'altro, mentre il collegamento in serie è quello in cui i condensatori vengono collegati uno dopo l'altro. Per conoscere il valore della capacità risultante dal collegamento di un certo numero di condensatori, si debbono applicare alcune formule.
Il collegamento in parallelo di due o più condensatori è certamente il più semplice, quello che non richiede l'applicazione di speciali formule matematiche, in quanto è possibile determinare il valore della capacità risultante semplicemente sommando tra di loro tutti i valori delle capacità che concorrono al collegamento. Si può dire quindi che il valore capacitivo di più condensatori collegati in parallelo è dato dalla somma delle capacità singole. Tale concetto si spiega facilmente; infatti, nel collegamento in parallelo di due o più condensatori, tutte le armature con cariche elettriche di uno stesso segno risultano elettricamente connesse tra di loro, e risultano pure connesse tra di loro tutte

S1

R1

9 V

L1

+

C1

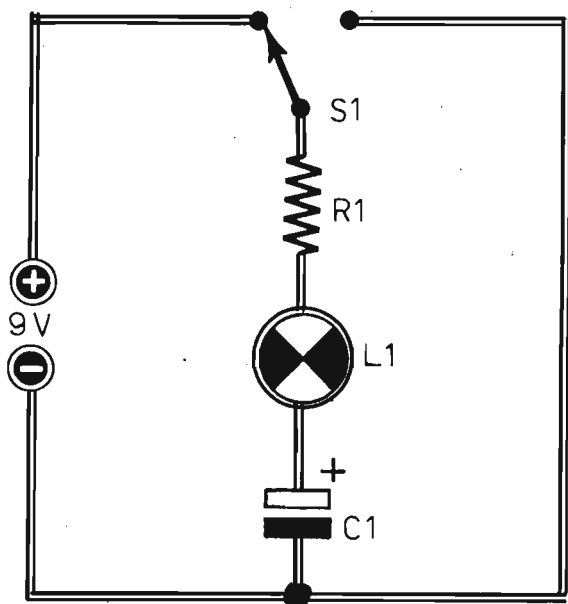



Fig. 15 - Questo semplice circuito permette di interpretare i due concetti fondamentali relativi ai condensatori: il valore della carica di un condensatore e lo sbarramento da esso introdotto al passaggio della corrente continua. La tensione della pila è quella di 9 V; il deviatore a slitta S1 permette di collegare la lampada L1 al morsetto positivo o a quello negativo della pila. In serie alla lampadina L1 è collegato il condensatore elettrolitico C1 e la resistenza R1; questa resistenza ha lo scopo di adattare la tensione della lampada, che è quella di 6 V, alla tensione della pila, che assume il valore di 9 V.
Quando S1 è commutato verso il morsetto negativo della pila, il condensatore elettrolitico C1 è scarico. Commutando S1 verso il morsetto positivo della pila, la lampada L1 si accende immediatamente e si spegne poi lentamente, senza alcun intervento esterno sul circuito. Tale condizione elettrica sta a significare che il condensatore C1 si è caricato, in un primo tempo bruscamente e poi lentamente; quando la carica di C1 è completa, la corrente non attraversa più il circuito e la lampada L1 rimane spenta. Commutando S1 verso il morsetto negativo, la lampada si accende e ciò sta a significare che il condensatore C1 si scarica restituendo al circuito la carica assorbita precedentemente.

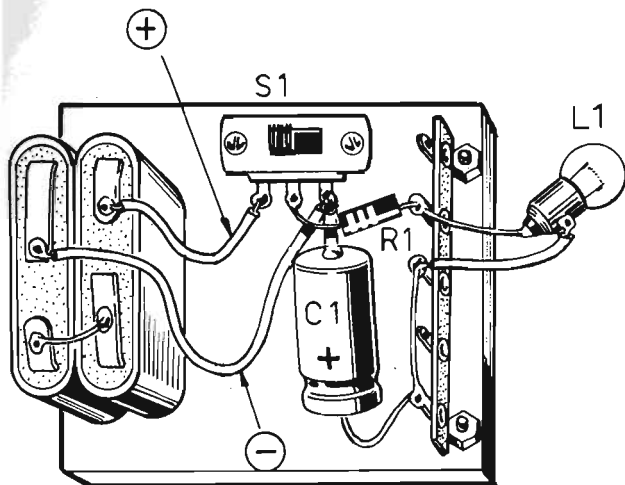



Fig. 16 - Piano di cablaggio relativo all'esperimento pratico riportato in figura 15. La tensione di 9 V è erogata da 2 pile da 4,5 V ciascuna, collegate in serie tra di loro. I valori dei componenti sono R1 = 22 ohm - 1/2 W; L1 = 6 V - 50 mA; C1 = 5.000 µF - 12 Vl. (elettrolitico).

le armature sulle quali sono condensate le cariche elettriche di segno opposto. Pertanto il risultato è evidente: si ottiene un unico condensatore costituito di due sole armature le cui superfici risultano essere la somma delle superfici dei vari condensatori che partecipano al collegamento in parallelo. Quindi, indicando con C1, C2, C3, ... le capacità che partecipano al collegamento in parallelo, il valore della capacità risultante che, come abbiamo detto, è determinato dalla somma delle singole capacità, è dato da:

$$C = C1 + C2 + C3 + ...$$

COLLEGAMENTO IN SERIE DI CONDENSATORI

Mentre il calcolo della capacità risultante da un insieme di due o più condensatori collegati in parallelo tra di loro è assai semplice, perché si tratta di eseguire una semplice operazione di addizione dei valori capacitivi che concorrono al collegamento, per i condensatori collegati in serie tra di loro, il calcolo si presenta un po' più complicato; si tratta infatti in questo secondo caso di applicare talune formule algebriche, peraltro semplici e facilmente applicabili anche da coloro che non hanno una specifica preparazione algebrica.

Se i condensatori collegati tra di loro in serie hanno lo stesso valore di capacità, allora la capacità risultante è data dalla seguente formula: Capacità risultante = Capacità di un condensatore: Numero dei condensatori che, in simboli, assume la forma:

$$C = \frac{C1}{N}$$

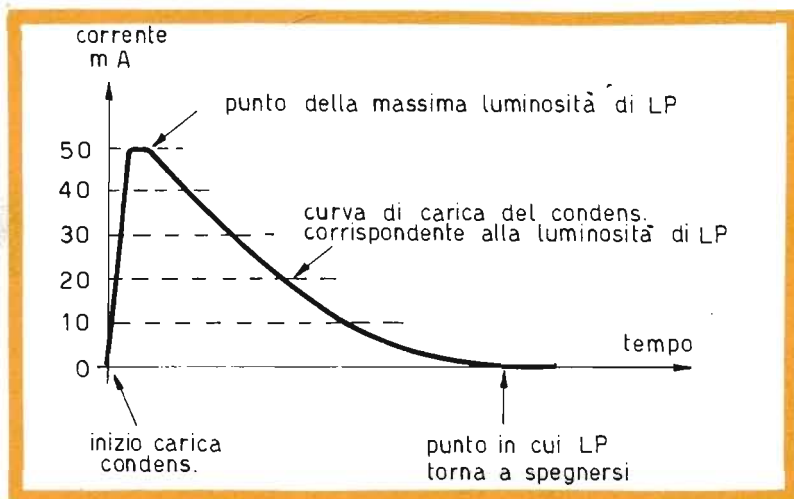
Se i condensatori collegati in serie hanno valori capacitivi diversi e sono solo due, vale la seguente formula:

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

Ma i condensatori possono essere più di due e allora occorre applicare la seguente formula:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + ...}$$

Quest'ultima formula, la cui applicazione richiede la conoscenza delle operazioni con le frazioni, viene usata molto raramente e il lettore principiante può anche dimenticarla.

Fig. 17 - Questo semplice diagramma interpreta il fenomeno della variazione di luminosità della lampadina del progetto riportato in figura 16. L'aumento e la diminuzione di luminosità corrispondono esattamente alla quantità di corrente assorbita e restituita dal condensatore elettrolitico.

SPECIALE DIDATTICA

TEORIA E PRATICA DELLA SALDATURA

La saldatura rappresenta una « giuntura » tra le estremità di due o più conduttori metallici o tra due superfici metalliche; essa deve garantire la continuità elettrica dei conduttori o delle parti saldate e deve essere eseguita osservando alcune norme fondamentali.
La saldatura può essere esatta e perfetta, ma può essere anche errata. Nel primo caso il gergo elettronico si serve dell'espressione « saldatura calda », nel secondo caso si usa l'espressione « saldatura fredda ».
La saldatura calda è quella che garantisce una perfetta continuità di conduzione elettrica: essa appare lucida e a superficie curva.
La saldatura fredda può presentare queste stesse caratteristiche, ma, sottoposta ad un leggero sforzo di trazione, esercitato con le dita delle mani, provoca il distacco dei conduttori e dello stagno. Durante i primi tempi della pratica, dunque, il dilettante farà bene ad accertarsi di avere eseguito una saldatura calda, semplicemente tirando con le mani i conduttori in verso opposto a quello in cui è stata eseguita la saldatura.

IL SALDATORE

Per ottenere una saldatura calda, si debbono rispettare alcune condizioni. Ed occorre, prima di tutto, servirsi di un saldatore di potenza adeguata.
Il saldatore è un utensile che trasforma l'energia elettrica in energia termica; è un utensile, cioé che produce calore, perché per eseguire una saldatura occorre avere a disposizione una certa quantità di calore.

Il calore erogato dal saldatore serve per fondere lo stagno e per elevare la temperatura delle parti da saldare al valore di quella di fusione dello stagno.
L'energia termica, cioé il calore prodotto dal saldatore, è presente sulla punta dell'utensile, che è di rame, perché il rame è uno dei migliori conduttori del calore ed è anche un metallo che costa relativamente poco.
In commercio si trovano molti tipi di saldatori, che servono per usi diversi e per diverse professioni. Una prima distinzione può essere fatta fra il saldatore a riscaldamento istantaneo e quello a riscaldamento progressivo e lento. Un'altra suddivisione può essere fatta fra gli utensili di grande, media e piccola potenza. I saldatori a grande potenza sono dotati di una grossa punta di rame; i saldatori a piccola potenza sono muniti di una punta di rame piccola e sottile. Il saldatore ad accensione rapida serve generalmente a coloro che debbono eseguire una saldatura ogni tanto e non possono attendere per tutto il tempo necessario a far riscaldare la punta dell'utensile. Di questo saldatore si servono i riparatori a domicilio di apparecchiature radioelettroniche.

ALCUNI TIPI DI SALDATORI

Fig. - Il continuo progredire dell'elettronica ha sollecitato le varie case costruttrici alla produzione di nuovi tipi di saldatori, mai conosciuti prima d'ora, che si affiancano e completano la serie tradizionale dei modelli più classici. I vari tipi di saldatori, qui rappresentati, sono, nell'ordine, dall'alto al basso: il saldatore rapido, molto utile per i riparatori a domicilio e per coloro che debbono effettuare poche saldature di tanto in tanto; il saldatore per elementi metallici di grosse dimensioni, con potenza di 150 watt; il saldatore da 100 watt, cioé l'utensile di media potenza, da usarsi come utensile tuttofare; i saldatori da 50 watt, adatti per il lavoro di saldatura su radioapparati a valvole (il quarto e il quinto a partire dall'alto); il saldatore da 20 watt per l'applicazione sui circuiti stampati dei semiconduttori e dei terminali dei componenti miniaturizzati; il saldatore da 10 watt per i circuiti integrati.

LO STAGNO

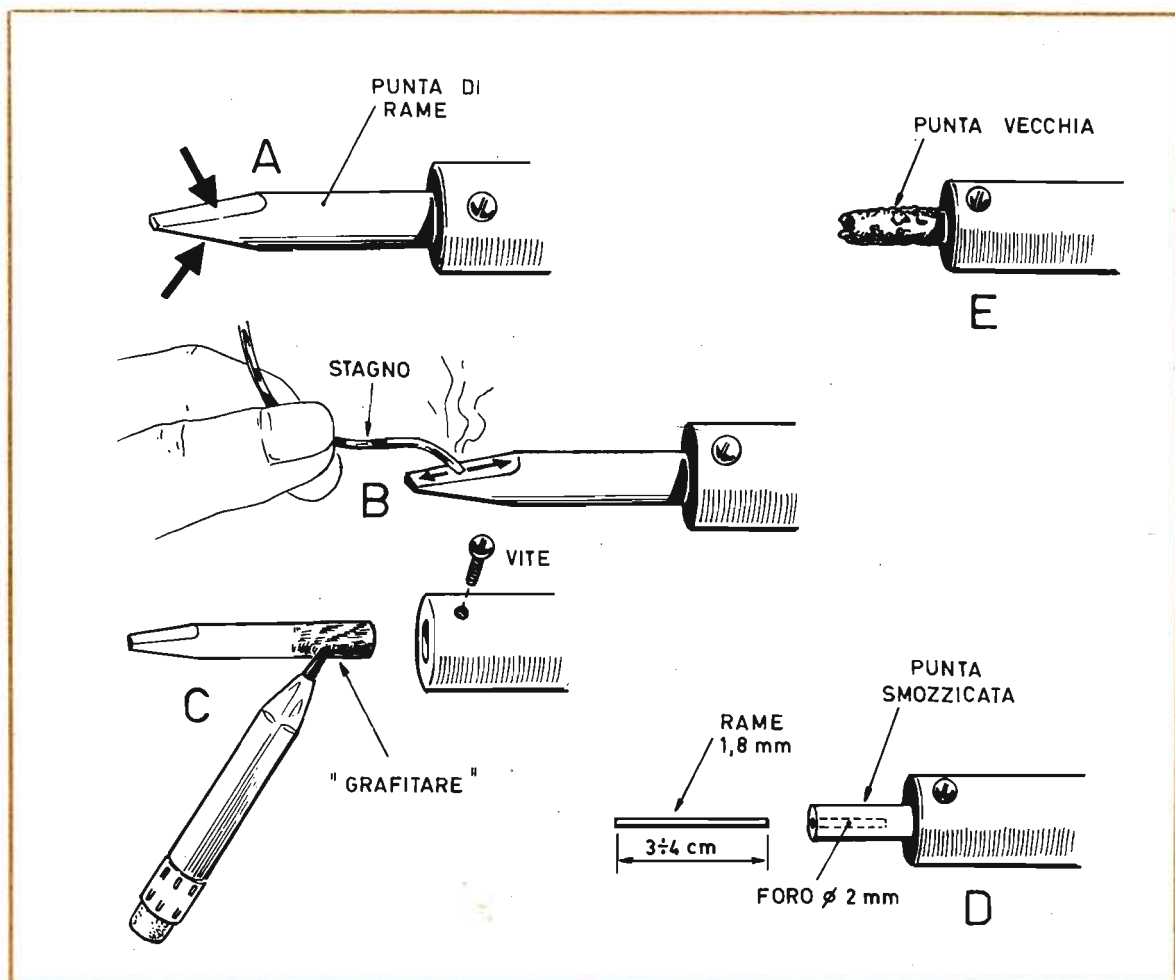
Fig. 2 - In tutto il settore dell'elettronica si fa uso dello stagno a filo preparato, cioé dello stagno a tubetto contenente, nell'interno, la pasta disossidante. Questo speciale tipo di stagno, che nella migliore qualità appare lucente e flessibile, viene venduto in rocchetti di varie dimensioni. Non si deve quindi mai far uso di stagno a bacchette, cioé di quello stagno venduto nei negozi di ferramenta e che viene usato dagli artigiani.

TRATTAMENTO E CONSERVAZIONE DELLA PUNTA SALDANTE

Fig. 3 - La punta saldante del saldatore è di rame, cioé di metallo ottimo conduttore del calore. Lo scopo della punta saldante è quello di trasmettere il calore allo stagno e alle parti da saldare. La punta completamente rotonda non garantisce una notevole trasmissione di energia termica; per tale motivo, nei saldatori di una certa potenza, la punta saldante presenta due superfici piane (A). La pulizia della punta è indispensabile per la realizzazione di saldature perfette; a tale scopo si debbono usare spazzolini metallici o gli appositi cuscinetti pulitori sui quali si strofina, ogni tanto, la punta durante il lavoro di saldatura; non si deve mai usare la lima, invece, perché questa asporta il rame, assottigliando la punta e rendendola, con il passare del tempo, insufficiente alla erogazione e alla trasmissione del calore. Una punta vecchia e consumata, cioé inutilizzabile, assume l'aspetto del disegno E. La fusione dello stagno si ottiene ponendo a contatto della superficie piana della punta il terminale del tubetto di stagno, frizionandolo in avanti e all'indietro, così come indicato nel disegno B. La punta saldante è un elemento di ricambio del saldatore; quando essa è consumata occorre sostituirla con altra nuova; ma per facilitare la sostituzione della punta occorre che la sua parte terminale di fissaggio al saldatore rimanga sempre grafitata (C).
Volendo trasformare un saldatore adatto per circuiti a valvole in un saldatore per circuiti transistorizzati, basta segare la punta estrema del rame e praticare poi, nella parte rimanente, un foro del diametro di 2 mm; in questo foro verrà introdotto un bastoncino di rame del diametro di 1,8 mm e della lunghezza di 3 ÷ 4 mm, così come indicato nel disegno D.

Il saldatore di grande potenza, dotato di una grossa punta saldante, invece, serve per la realizzazione di saldature a stagno fra parti metalliche di una certa grandezza, per esempio tra la carcassa di un condensatore variabile o di un potenziometro ed il telaio metallico di un apparecchio radio.
Il saldatore di piccola potenza, cioé il saldatore dotato di punta sottile, serve per la saldatura dei terminali dei componenti elettronici sulle piste di rame dei circuiti stampati.

FUNZIONE DEL SALDATORE

La funzione del saldatore è quella di mantenere sulla punta una temperatura superiore a quella di fusione dello stagno, anche quando esso deve trasmettere alle parti da saldare una notevole quantità di calore. Ecco perché, quando si debbono saldare due parti metalliche di notevoli dimensioni, occorre servirsi di un saldatore di grande potenza, perché con una elevata quantità

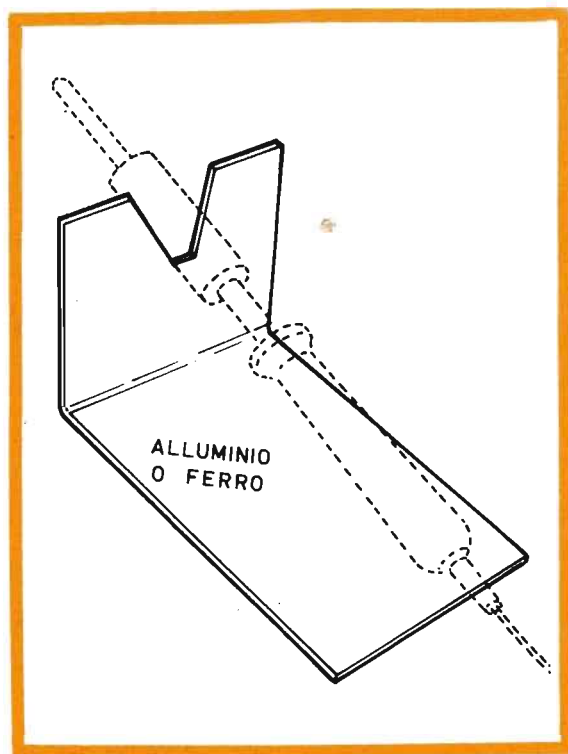



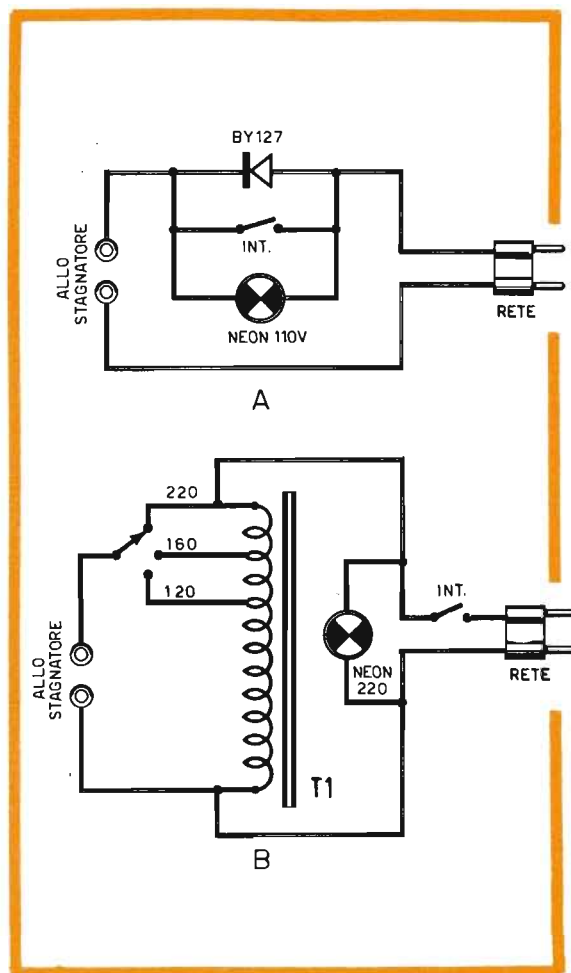
Fig. 4 - Durante il lavoro di saldatura, l'utensile non deve essere mai abbandonato a se stesso, perché il calore erogato dalla punta può provocare gravi danni. Ogni dilettante deve quindi costruirsi un « ferro di appoggio », che deve essere di alluminio o di ferro, così come indicato in questo disegno.

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA

Fig. 5 - Nei normali saldatori non esiste la possibilità di regolare la tensione di alimentazione dell'utensile e, conseguentemente, la temperatura della punta saldante. I saldatori di tipo economico possono riscaldarsi troppo e l'eccessiva quantità di calore finisce per bruciare subito la colofonia, cioé la sostanza contenuta nello stagno a tubetto; la grande quantità di calore danneggia anche i componenti elettronici miniaturizzati. Al contrario, una bassa temperatura sulla punta saldante non permette la realizzazione di saldature « calde ». In questi due schemi elettrici proponiamo al principiante due diverse soluzioni che permettono di controllare sufficientemente la temperatura della punta saldante. Nello schema A si fa uso di un diodo raddrizzatore di tipo BY127; quando l'interruttore è aperto, attraverso il diodo passano le semionde positive della corrente alternata e la tensione di alimentazione del saldatore risulta così dimezzata. Quando l'interruttore è chiuso, l'intera tensione di rete viene applicata al saldatore. Nello schema B si fa uso, invece, di un autotrasformatore, con il quale, tramite un commutatore, è possibile alimentare il saldatore con tre tensioni diverse, in modo da controllare la temperatura della punta saldante.

RESISTENZA

BASETTA

A

STAGNO

B

C

D

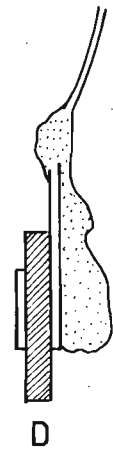
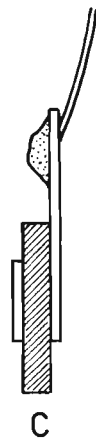
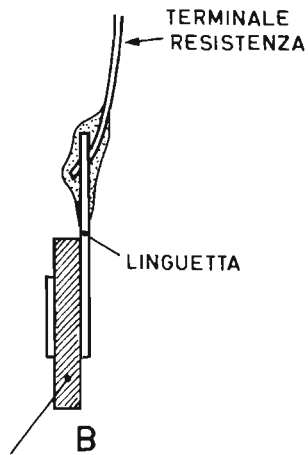
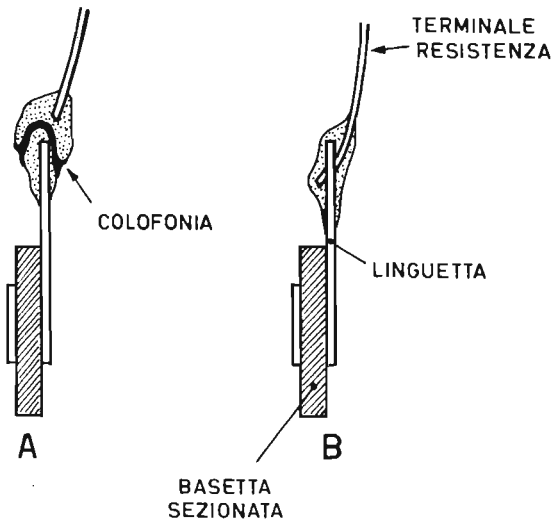
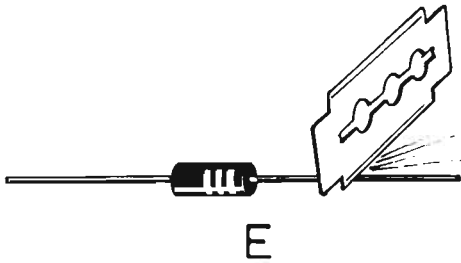
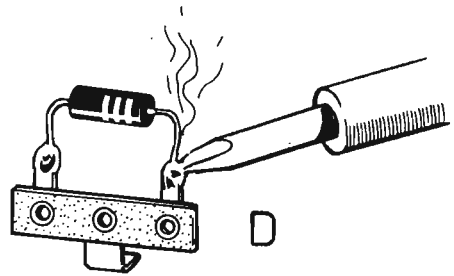
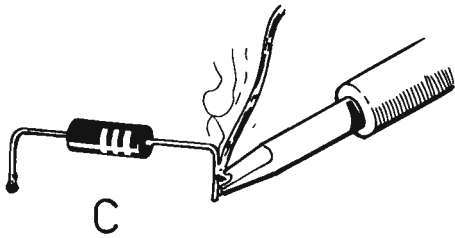
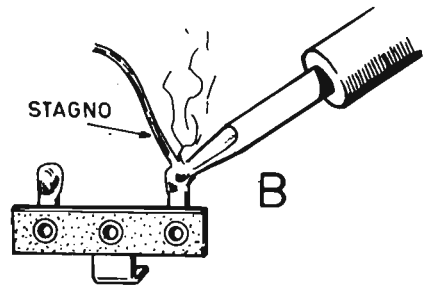
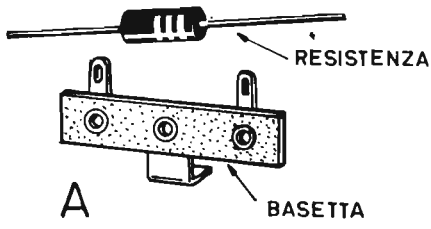
E

COME SI ESEGUE UNA SALDATURA

Fig. 6 - In questo disegno si interpreta la saldatura dei terminali di una comune resistenza sugli ancoraggi di una basetta. In un primo tempo (A) occorre provvedere alla piegatura dei terminali del componente, dopo averne preso le misure esatte; quindi si provvede ad applicare una piccola dose di stagno sull'ancoraggio (B); poi si distribuisce una piccola dose di stagno sui terminali estremi della resistenza (C); giunti a questo punto si avvicina un terminale della resistenza all'ancoraggio, ponendolo in contatto con esso e con la punta del saldatore; lo stagno fonde e il terminale della resistenza attraversa il foro dell'ancoraggio (D); dòpo aver atteso per qualche istante, si toglie dalla saldatura la punta dell'utensile: lo stagno si rapprende e la saldatura è ultimata. E' ovvio che, prima di iniziare l'operazione di saldatura, occorre provvedere alla pulizia delle parti, cioé dei terminali della resistenza e degli ancoraggi; per tale operazione ci si può servire di una lametta da barba, con la quale si raschiano le parti metalliche fino a renderle lucenti, cioé completamente disossidate.

di calore a disposizione si è in grado di elevare le parti da saldare ad una temperatura superiore a quella di fusione dello stagno. E così è anche facile comprendere il motivo per cui, quando si debbono saldare due fili conduttori sottili o il sottile terminale di un semiconduttore, è più che sufficiente l'uso di un saldatore di piccola potenza, con punta sottile. Infatti, in questo caso basta una piccola quantità di calore per elèvare le parti da saldare alla temperatura di fusione dello stagno.

PULIZIA DELLE PARTI

L'uso di un saldatore di potenza adeguata al tipo di saldatura che si deve eseguire, non è sufficiente se non si prendono alcune precauzioni prima e durante l'operazione di saldatura. Per esempio, se le parti da saldare non sono « pulite », la saldatura sarà senz'altro « fredda ». Ma la pulizia delle parti si esprime, nella terminologia tecnica appropriata, con il termine « disossidazione ». Occorre dunque, prima di ogni saldatura, provvedere all'alimentazione totale dell'ossido che ricopre le parti metalliche. L'ossido può essere tolto con due sistemi diversi: meccanicamente o chimicamente.

Nel primo caso ci si serve di una lametta da barba o della lama di un temperino e con queste si raschiano energicamente i conduttori elettrici o le parti metalliche, fino alla restituzione della originale lucentezza metallica alla parte che si deve saldare. Per esempio, il filo di rame deve assumere il suo colore giallo-oro lucente, la lamiera deve anch'essa divenire lucente. Naturalmente, quando si tratta di pulire fili conduttori molto sottili, non si deve esagerare con la raschiatura, perché in questo caso si corre il pericolo di indebolire eccessivamente il conduttore o, peggio, di spezzarlo.

Nel secondo caso, cioé nel processo di « pulizia chimica », si fa uso di una speciale pasta disossidante che, nel gergo, viene denominata pasta-salda. Con questo sistema, la pulizia delle parti si ottiene applicando ad esse una porzione di questa pasta e sovrapponendo poi ad essa la punta ben calda del saldatore. Il calore scioglie la pasta ed elimina contemporaneamente gli ossidi. Ad ogni modo, possiamo consigliare al principiante di effettuare, almeno nei primi tempi, tutti e due i sistemi di disossidazione, per avere la certezza di realizzare saldature calde; sconsigliamo cioé di raschiare in un primo tempo le parti

SALDATURE DIFETTOSE E SALDATURE PERFETTE

Fig. 7 - In questo disegno vengono presentate quattro diverse saldature, delle quali una sola è da ritenersi perfetta (B). La saldatura rappresentata in (A) è la classica saldatura « fredda »; lo stagno applicato sull'ancoraggio risulta elettricamente isolato da quello applicato sul filo conduttore; l'isolamento è provocato da una piccola quantità di colofonia, cioè di pasta disossidante, inseritasi nello stagno; ciò è stato provocato da una insufficiente quantità di calore trasmessa sul punto di saldatura. In B è rappresentata la saldatura perfetta: lo stagno è distribuito uniformemente sull'ancoraggio e sul filo conduttore.

La saldatura rappresentata in C è da considerarsi imperfetta, perché è stata eseguita in una sola parte dell'ancoraggio; questa saldatura, pur garantendo la continuità elettrica delle parti, presenta una scarsa resistenza alle sollecitazioni meccaniche. La saldatura rappresentata in D, pur garantendo la continuità elettrica, è da ritenersi imperfetta a causa della eccessiva quantità di stagno depositato lungo la superficie dell'ancoraggio; lo stagno in eccesso può provocare cortocircuiti e falsi contatti con altri componenti viciniori.

Fig. 8 - Anche in questo disegno vengono presentate alcune saldature, in parte errate e in parte perfette. Elenchiamole: (1) saldatura effettuata sull'estremità del reoforo (conduttore) ad una certa distanza dalla pista di rame del circuito stampato (saldatura errata; (2) fra la goccia di stagno e la pista del circuito stampato si è inserita una goccia colofonia, cioé uno strato di isolante che fa sembrare buona la saldatura mentre si tratta in realtà di una semplice incollatura; (3) saldatura elettricamente buona ma ottenuta con eccessiva quantità di stagno; (4) saldatura elettrica a stagno perfetta; (5) saldatura a stagno apparentemente perfetta ma sostanzialmente errata, perché essa rappresenta la classica saldatura fredda nella quale la poca quantità di calore non ha permesso la fusione dello stagno sulla pista di rame; (6) saldatura a stagno perfetta; il conduttore deve essere tranciato al livello della goccia di stagno.

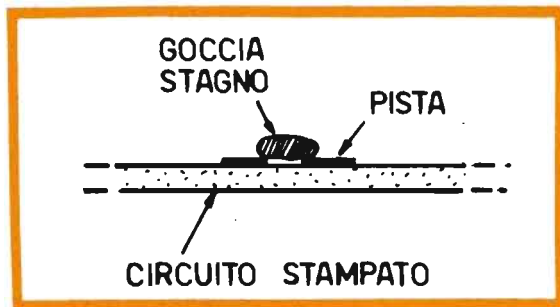
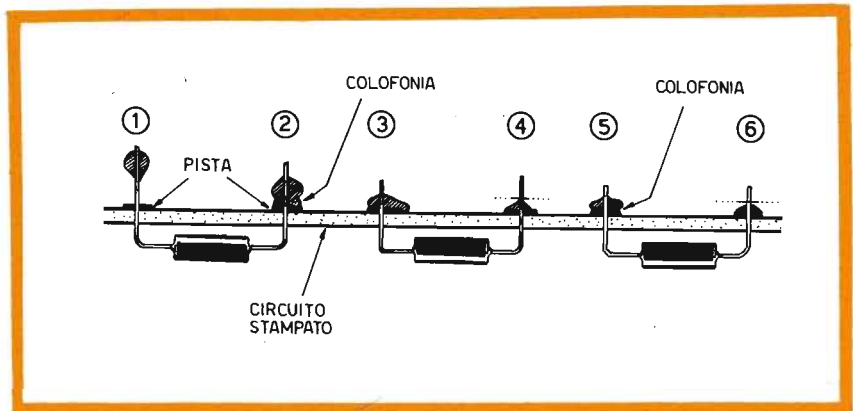



Fig. 9 - Quando si agisce con il saldatore e lo stagno su un circuito stampato, occorre far bene attenzione che lo stagno non coli nello spazio libero fra due piste di rame continue, perché in tal caso esso crea un cortocircuito.

Fig. 10 - Il reoforo, cioé il terminale uscente da un componente elettronico non deve mai essere tranciato prima dell'esecuzione della saldatura, perché è facile incorrere nell'errore illustrato in questo disegno, in cui si vede che lo stagno pur aderendo alla pista di rame non riesce a bloccare il terminale; la saldatura è buona ma non serve a nulla.

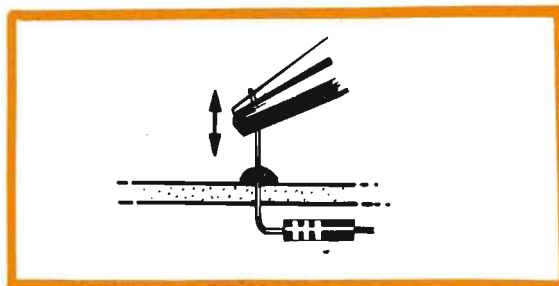
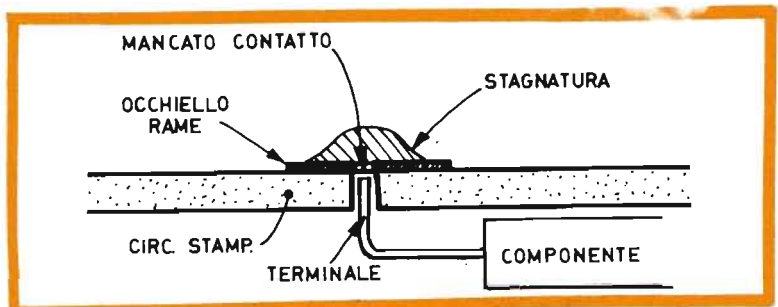



Fig. 11 - Per accertarsi della buona qualità di una saldatura a stagno conviene sempre, prima di tranciare lo spezzone di conduttore superfluo, effettuare una leggera trazione del filo con una pinza.

Fig. 12 - Ogni principiante deve sempre ricordare che la maggior parte dei conduttori di rame adottati per gli avvolgimenti, oppure quelli ricoperti con sostanze isolanti (gomma - plastica), sono sempre rivestiti di un leggero strato di smalto isolante. Prima di effettuare la saldatura, quindi, è assolutamente necessario togliere lo smalto servendosi di una lametta da barba.

con la lametta o la lama del temperino e di cospargere invece su questa la pasta disossidante.

LO STAGNO

In tutti i settori dell'elettronica si fa uso, per la saldatura, dello stagno a filo preparato, cioé dello stagno a tubetto contenente, nell'interno, la pasta disossidante. Con questo tipo di stagno, già preparato, non ci dovrebbe essere bisogno della pasta salda, dato che questa è contenuta dentro lo stesso tubetto di stagno. Ma il quantitativo della pasta disossidante non è mai sufficiente se le parti da saldare sono molto sporche. Trattandosi invece di conduttori nuovi e lucenti, non occorre aggiungere ancora dell'altra pasta-salda per ottenere una saldatura calda, perché quella contenuta nello stagno è più che sufficiente.

Ciò che non si deve fare mai è invece l'uso di stagno a bastoncini, quello venduto nei negozi di ferramenta e che un tempo veniva abbondantemente usato dall'artigiano, cioé dal vecchio e glorioso stagnino che riparava le pentole dei nostri nonni. Lo stagno in bastoncino lascia ca-

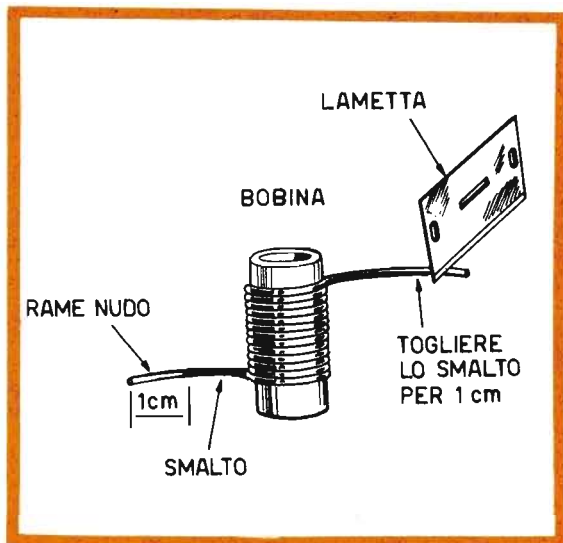



Fig. 13 - La saldatura sui cavi coassiali richiede, prima della sua realizzazione, alcune particolari precauzioni. La guaina del cavo deve essere eliminata per un tratto di 3-4 cm (A); poi si piega il cavo in modo da far diradare le maglie della calza metallica (B); la calza metallica deve essere abbassata in modo da scoprire il cavetto interno del cavo (C); successivamente si provvede ad eliminare completamente la calza metallica, in modo da ottenere due elementi distinti (D); la calza metallica verrà poi arrotolata, così da apparire come un normale conduttore sul quale è possibile ottenere un'agevole saldatura a stagno (E). Se il cavo schermato non fosse stato così trattato, cioé se non si fossero separati la calza metallica dal cavetto conduttore vero e proprio, la punta del saldatore avrebbe provocato la fusione della guaina interna e un conseguente cortocircuito tra la calza metallica e il filo conduttore.

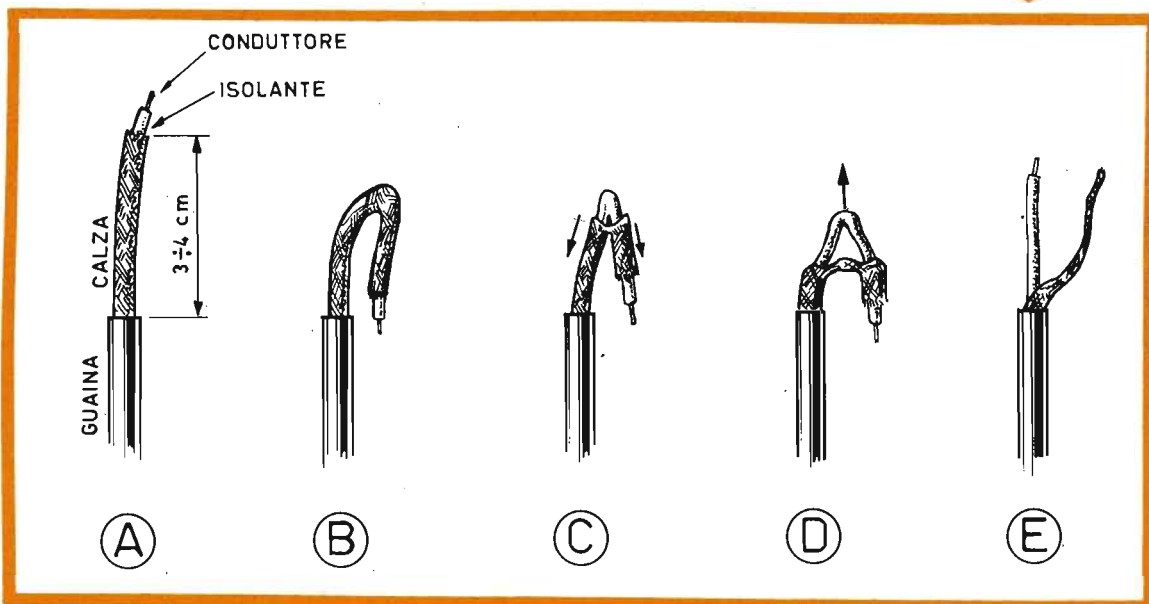
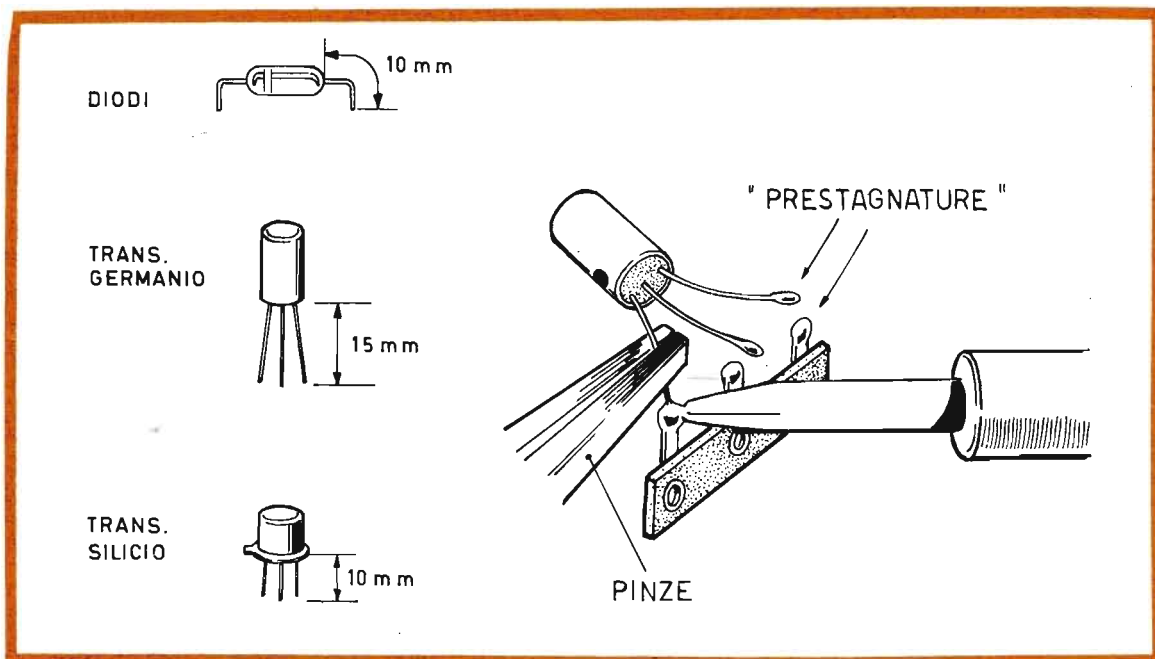
DIODI
10 mm
TRANS.
GERMANIO
15 mm
TRANS.
SILICIO
10 mm
" PRESTAGNATURE "
PINZE

IL CALORE DANNEGGIA I SEMICONDUTTORI

Fig. 14 - I semiconduttori e, in particolar modo, i semiconduttori al germanio, possono essere messi fuori uso dal saldatore quando il calore trasmesso è eccessivo. In ogni caso occorre sempre provvedere alla conservazione di una certa lunghezza dei terminali, prima di sottoporli alla tranciatura; la lunghezza di questi può essere, per un diodo al germanio, di 10 mm; per un transistor al germanio i terminali devono rimanere lunghi nella misura di 15 mm; per i transistor al silicio, che temono assai meno il calore, la lunghezza di 10 mm è più che sufficiente. Durante l'operazione di saldatura dei terminali dei semiconduttori occorre servirsi delle pinze che, irrigidendo il terminale, provvedono anche alla dispersione dell'energia termica, cioé del calore.

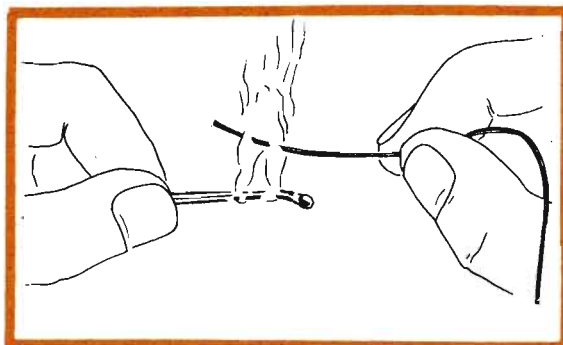



Fig. 15 - I conduttori di tipo LITZ, prima di essere sottoposti alla saldatura, richiedono un particolare trattamento. Il filo conduttore deve essere immerso, in un primo tempo e nella misura di 1 cm, nella pasta salda; poi si brucia il terminale con la fiamma di un fiammifero e lo si reimmerge nella pasta salda; soltanto ora il filo può essere sottoposto all'operazione di saldatura. L'uso della lametta, per questi tipi di fili conduttori, è sconsigliabile, perché potrebbero facilmente rompersi.

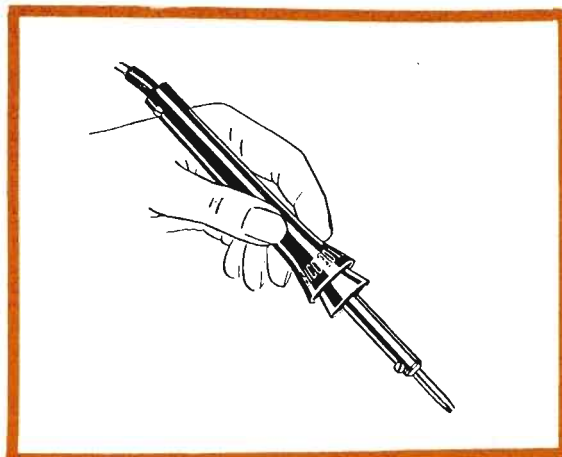



Fig. 16 - Questo è il sistema corretto di impugnatura di un saldatore per circuiti stampati.

dere delle gocce troppo grosse, che rischiano di provocare cortocircuiti od altri malanni.

OSSIDAZIONE DEL SALDATORE

Anche il saldatore va soggetto ad ossidazione, cioé la sua punta di rame saldante si ricopre di un velo scuro, che è cattivo conduttore del calore, e questa è una delle cause che concorrono assai spesso alla esecuzione di saldature fredde. La punta di rame del saldatore, quindi, deve essere pulita di quando in quando, servendosi di uno spazzolino metallico e non della lama di un temperino o, peggio ancora, della lima, come purtroppo fanno alcuni radiotecnici; con questi sistemi, infatti, si riduce sempre più la massa del rame e la punta saldante si assottiglia.

REALIZZAZIONE DELLA SALDATURA

Dopo le premesse fin qui fatte, non resta che prendere in mano il saldatore per eseguire la prima saldatura, per esempio quella destinata ad unire tra loro i terminali di due fili di rame. La prima cosa da farsi è quella di innestare la spina di un saldatore a punta sottile, di piccola potenza, nella presa-luce, in modo da concedergli il tempo necessario per raggiungere, sulla punta, la temperatura di lavoro. Contemporaneamente si raschiano accuratamente, con la lametta da barba, i terminali dei due fili di rame, fino ad evidenziarne la lucentezza metallica. Poi si attorcigliano un poco i terminali. Su questi si applica una piccola quantità di pasta-salda. Con la mano destra si impugna il saldatore e si appoggia la punta sul punto da saldare, sciogliendo contemporaneamente una certa quantità di stagno; lo stagno si scioglie soltanto se messo in contatto con la punta del saldatore.
Occorrerà sempre ricordarsi che non ci si deve accontentare della liquefazione dello stagno e non togliere troppo presto la punta del saldatore dalla saldatura; è bene che la punta del saldatore rimanga ferma sul punto in cui si effettua la saldatura per alcuni secondi, in modo che il calore possa distribuirsi uniformemente e nella massima quantità sul metallo. Quando si è convinti di aver eseguito la saldatura, si toglie il saldatore e si attende per qualche istante in modo da concedere allo stagno il tempo di rapprendersi; quindi si esercita una leggera trazione sui conduttori, muovendoli un po' da una parte e un po' dall'altra, così da accertarsi del loro completo fissaggio e della buona qualità della saldatura ottenuta.
In ogni caso la pratica sarà sempre la migliore maestra per tutti e le operazioni di saldatura diverranno sempre più semplici ed istintive col passare del tempo; la regola fondamentale, tuttavia, rimarrà sempre la stessa: pulizia perfetta dei terminali da saldare ed esecuzione relativamente lenta della saldatura.

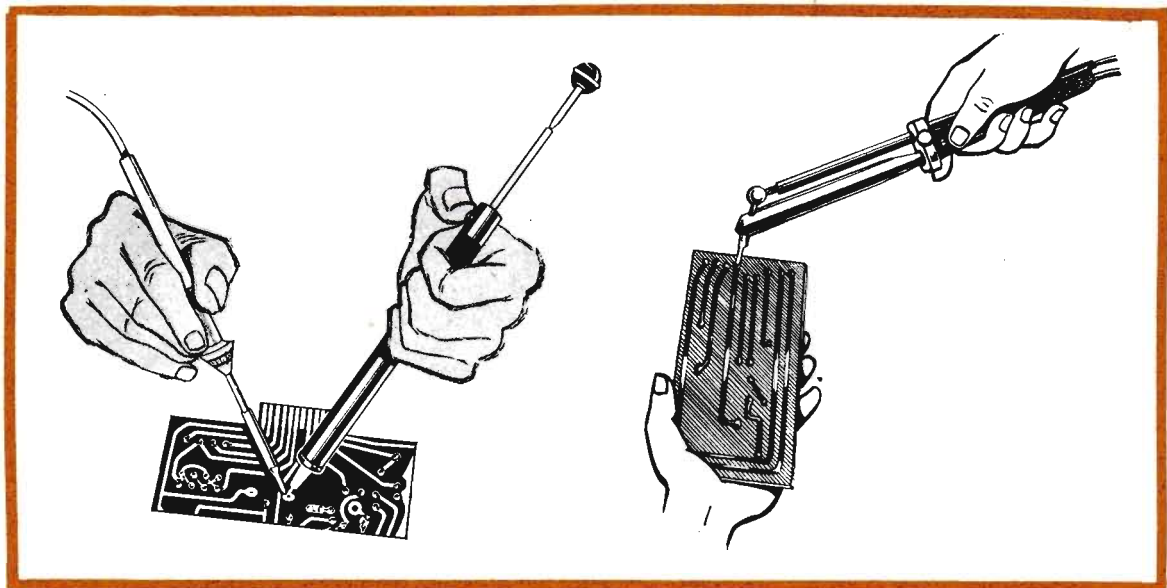



Fig. 17 - Per eliminare lo stagno in un qualsiasi punto di un circuito stampato, occorre servirsi del dissaldatore, che è l'utensile che provvede ad aspirare lo stagno fuso. In commercio ve ne sono di molti tipi. Quello rappresentato a sinistra provvede alla sola aspirazione dello stagno fuso dalla punta del saldatore. Quello rappresentato a destra provvede, contemporaneamente, alla fusione dello stagno e alla sua aspirazione.

5.

SPECIALE DIDATTICA

TEORIA E PRATICA CON I DIODI

I diodi sono componenti elettronici dotati di due elettroni (anodo e catodo), nei quali la corrente scorre soltanto in una determinata direzione; più precisamente, dall'anodo verso il catodo. Esistono vari tipi di diodi a semiconduttore, di forma diversa e di diversa grandezza; ognuno di questi si adatta per una particolare funzione elettronica.
I diodi allo stato solido hanno soppiantato il vecchio diodo a vuoto spinto (valvola elettronica) ed offrono rispetto a questo notevoli vantaggi di praticità, tecnica ed economia.
Il primo diodo a cristallo, citato nella storia della radiotecnica, può essere senza dubbio considerato il diodo a galena, cioè il componente, ormai leggendario, con il quale i pionieri della radio riuscivano a captare e rivelare le onde elettromagnetiche ad alta frequenza.
Questo tipo di diodo era composto da un catodo, rappresentato da un pezzetto di cristallo di galena, e da un anodo, rappresentato da un sottilissimo filo conduttore che sfiorava il cristallo. In questo tipo di diodo la corrente fluiva principalmente dal filo verso il cristallo, mentre soltanto una debolissima corrente riusciva a circolare in senso opposto.
Su questo stesso principio vennero costruiti più tardi i diodi al germanio, a punta di contatto, largamente impiegati ancor oggi nel processo di rivelazione dei segnali radio.

In questi diodi il cristallo di galena è stato sostituito con un sottile strato di germanio semiconduttore racchiuso, assieme alla punta di contatto, in un piccolissimo involucro di vetro, che conferisce al componente notevoli doti di robustezza.
Successivamente, in virtù dell'evoluzione tecnologica dei semiconduttori, dopo un prolungato studio su un altro tipo di materiale semiconduttore, denominato silicio, vennero realizzati i diodi a giunzione, il cui funzionamento è basato su un principio di conduzione elettrica leggermente diverso; questi diodi, infatti, sono legati alle proprietà di « conduzione » e « non conduzione » di una giunzione di tipo P-N, a seconda della polarizzazione di quest'ultima.
I diodi al silicio rappresentano i componenti attualmente più utilizzati nel settore della rettificazione, soprattutto per le loro proprietà intrinseche che li avvicinano, assai più che i diodi al germanio, al modello ideale di diodo.

Fig. 2 - Simbolo elettrico di un diodo. L'anodo viene simboleggiato tramite un triangolo, il catodo tramite una sbarretta. L'anodo è rappresentato da un semiconduttore di tipo P; il semiconduttore di tipo N costituisce il catodo.

LA GIUNZIONE

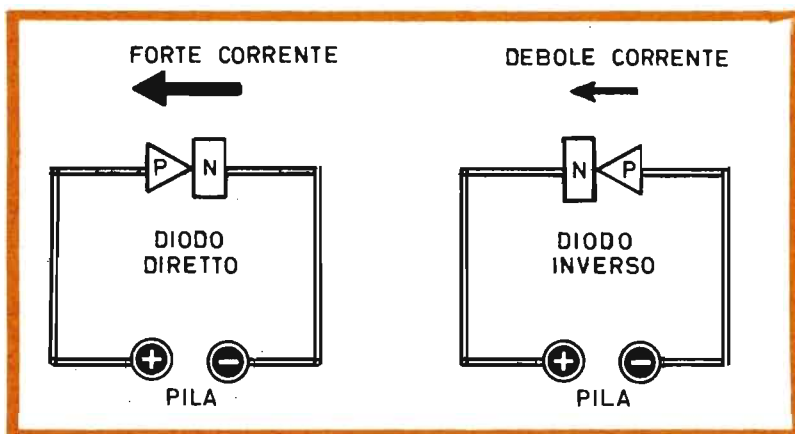
I diodi a giunzione sono quelli maggiormente utilizzati in elettronica. E' doveroso quindi analizzarne la costituzione intima.

Fig. 1 - Tipi di diodi più comuni. Tutti i componenti riportati in questo disegno sono raffigurati con il catodo sulla destra. Soltanto per i tipi, di cui ai numeri 6 e 8, esistono le versioni con collegamenti invertiti, allo scopo di facilitare la realizzazione dei ponti raddrizzatori. L'inversione dei collegamenti è comunque interpretata per mezzo di un contrassegno riportato sul corpo del componente.

La giunzione P-N viene ricavata da un'unica piastrina di silicio, nella quale vengono introdotti, attraverso opportune tecniche, due diversi tipi di impurità, che formano due diverse zone di silicio, di tipo P e di tipo N.
Il semiconduttore di tipo P costituisce l'anodo del diodo; quello di tipo N rappresenta il catodo (figura 2).
In base alle proprietà assunte dal semiconduttore con le due differenti impurità, nella giunzione si viene a creare una « barriera » di potenziale, di circa 0,6 V, che può essere concepita come una piccola pila collegata in parallelo con il diodo e con il morsetto positivo verso il catodo. Questa barriera di potenziale blocca le correnti interne che normalmente tendono a manifestarsi nel semiconduttore.

EFFETTO RADDRIZZANTE

Quando il diodo viene polarizzato, cioé quando sui suoi terminali viene applicata una tensione elettrica, si possono verificare le due diverse condizioni riportate in figura 3. Se la pila esterna è collegata con il morsetto positivo rivolto verso l'anodo, essa riesce a vincere la barriera di potenziale formatasi internamente al diodo, permettendo il passaggio di una forte corrente. Al contrario, se il morsetto positivo della pila è rivolto verso il catodo, la barriera viene rafforzata e si crea un maggiore impedimento al passaggio della corrente. In pratica nel diodo scorre ugualmente una debolissima corrente, provocata da quegli elementi denominati « portatori minoritari »; questa corrente può essere considerata come una corrente di dispersione del diodo stesso. Nei diodi al germanio essa assume

Fig. 3 - Quando sui terminali di un diodo viene applicata una tensione elettrica, si possono verificare due diverse condizioni elettriche: notevole flusso di corrente oppure debolissimo flusso di corrente. Nel primo caso si suol dire che il diodo è polarizzato correttamente, perché la tensione della pila riesce a vincere la barriera di potenziale presente nel diodo stesso. Nel secondo caso, quando il morsetto positivo della pila è rivolto verso il catodo, la barriera viene rafforzata e si crea un maggior impedimento al passaggio della corrente.

l'intensità di pochi microampere, mentre nei diodi al silicio il suo valore è dell'ordine dei nanoampere (millesimi di microampere).
Un semplicissimo esperimento sulle proprietà di conduzione del diodo può essere realizzato seguendo gli schemi riportati in figura 4, dove è dimostrato che l'inversione del diodo provoca le due possibili condizioni della lampada perfettamente accesa o completamente spenta. Per eseguire questo esperimento occorre servirsi di una pila da 6 V e di una lampadina da 6 V - 50 mA circa; il diodo può essere indifferentemente di tipo al germanio o al silicio.

CURVA CARATTERISTICA

Abbiamo già avuto modo di dire che, collegando ad un diodo una pila con le polarità indicate nello schema a sinistra di figura 3, si otteneva nel circuito il passaggio di una forte corrente. Ma ciò in realtà non è assolutamente esatto, perché non tutti i valori di tensione della batteria sono idonei a far circolare corrente. Occorre infatti poter vincere la tensione della batteria, che nel diodo al silicio è di 0,6 V e in quello al germanio è di 0,2 V, prima di ottenere la conduzione elettrica attraverso il diodo stesso.
Da quanto finora detto si rende immediata l'interpretazione delle curve riportate in figura 5, nelle quali risulta evidenziata la conduzione nei diodi al silicio e in quelli al germanio. Nei primi la conduzione inizia quando viene superata la tensione di 0,6 V; nei secondi la conduzione inizia quando si supera lo 0,2 V. Occorre notare inoltre che nei diodi al silicio, una volta superato il valore di soglia, si ottiene una netta conduzione del componente, mentre nei diodi al germanio la conduzione risulta più graduale.
Al di sotto delle tensioni di barriera i diodi si comportano praticamente come isolanti, dato che la corrente è ridotta a valori estremamente bassi.

UN SEMPLICE ESPERIMENTO

Il progetto riportato in figura 6 può essere realizzato, a titolo sperimentale, per dimostrare che,

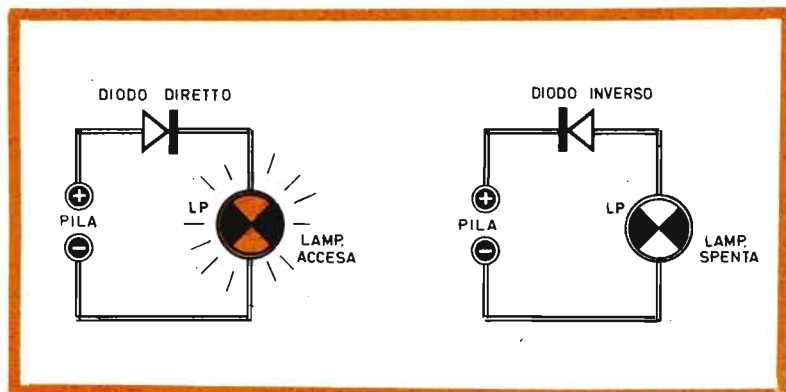



Fig. 4 - Questo semplice esperimento, di facile attuazione, permette di interpretare praticamente le proprietà di conduzione del diodo: con la polarizzazione diretta la lampada LP si accende, mentre essa rimane spenta con la polarizzazione inversa.

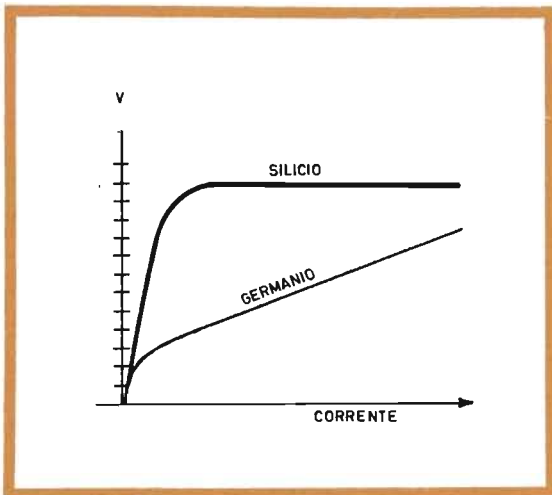
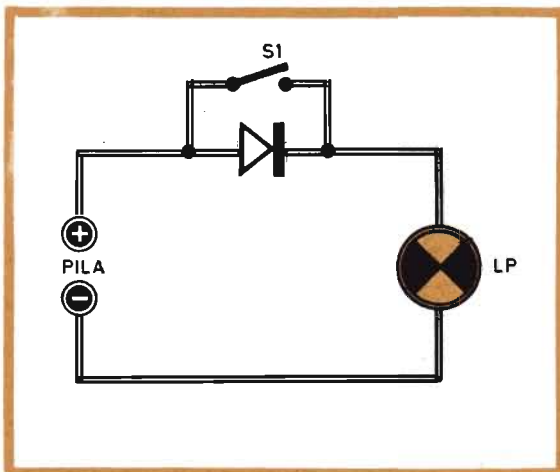



Fig. 5 - Curve caratteristiche della corrente, in corrispondenza con i valori di tensione, che scorre attraverso un diodo al silicio e uno al germanio. Nel primo caso la conduzione è netta, nel secondo essa risulta più graduale.

anche in normali condizioni di flusso di corrente, sui terminali del diodo è presente una tensione di valore pari, o quasi, a quella di barriera. Infatti, chiudendo l'interruttore S1, è possibile notare un aumento di luminosità della lampada del diodo stesso. In figura 7 presentiamo la foto del semplice circuito sperimentale che serve a dimostrare la presenza della tensione di barriera anche nelle condizioni di normale flusso di corrente.

POTENZA DEL DIODO

Come tutti i componenti elettronici ,anche il diodo a semiconduttore è caratterizzato da un valore massimo di potenza dissipabile.

Ma a questo proposito vogliamo chiarire un concetto elettrico assai importante e sul quale molto spesso viene fatta confusione. In pratica esistono due potenze tipiche del diodo: la prima è la massima potenza che il diodo riesce a far dissipare su un carico esterno, la seconda è la potenza dissipata internamente al componente, la quale dipende dal valore massimo di corrente che attraversa il diodo.

Facciamo un esempio. Consideriamo un diodo di tipo BY 127, inserito in un circuito alimentato con la tensione di 200 V e nel quale scorre una corrente di 0,5 A. Ebbene, la potenza che il diodo riesce a far dissipare è di: 200 V x 0,5 A = 100 W. La potenza dissipata dal diodo, invece, tenendo conto che la tensione sui suoi terminali è di 0,6 V circa, è di: 0,6 V x 0,5 A = 0,3 W, cioé un valore notevolmente più piccolo di quello precedente.

In pratica, anziché far riferimento alla potenza dissipata o dissipabile di un diodo, si preferisce ricordare i valori massimi di corrente e di ten-

Fig. 7 - Questa foto propone il cablaggio dell'esperimento atto a dimostrare la presenza di una tensione di barriera in tutti i tipi di diodi.

Fig. 6 - Realizzando questo elementare progetto, è possibile evidenziare praticamente l'esistenza della tensione di barriera. Chiudendo l'interruttore S1, infatti, si ottiene un aumento di luminosità della lampada LP.

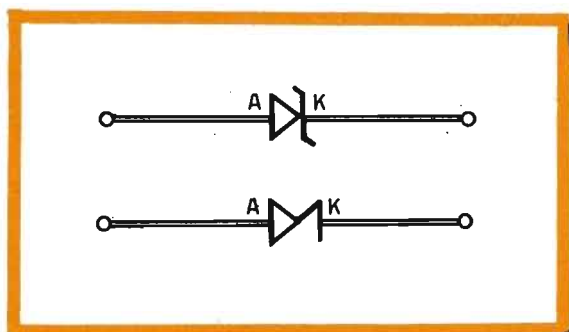



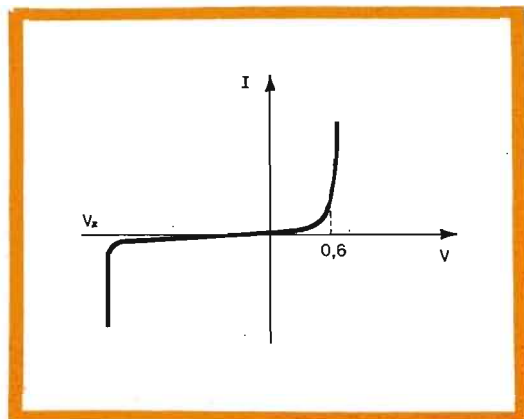
Fig. 8 - Simboli elettrici comunemente usati per indicare i diodi zener.

sione che offrono un'indicazione più chiara delle caratteristiche del diodo; ed è proprio in base a queste caratteristiche che vengono normalmente venduti i diodi.

DIODI ZENER

Uno dei parametri caratteristici dei diodi è rappresentato dalla tensione inversa massima che essi sono in grado di sopportare.

Abbiamo detto che quando un diodo è polarizzato in senso diretto, esso favorisce il flusso della corrente; quando il diodo è invece polarizzato in senso inverso, esso aumenta la tensione di barriera, ostacolando il flusso della corrente. Ma questo concetto è valido fino a certi valori della tensione di polarizzazione, perché da un certo punto in poi si verifica la distruzione del componente. Si suole anche dire che, una volta superata la massima tensione inversa, si incontra una zona di forte conduzione che, generando una reazione a catena, porta rapidamente il diodo alla distruzione.

Tuttavia, drogando opportunamente il cristallo di silicio, cioé aggiungendo ad esso talune impurità, è possibile controllare la reazione a catena in modo da evitare la distruzione del componente; ma è ovvio che la drogatura del silicio non basta, perché occorre provvedere anche a limitare la corrente, che scorre attraverso il diodo, tramite opportune resistenze.

Un componente così concepito prende il nome di « diodo zener » e la tensione inversa massima viene denominata « tensione di zener ».

Anche il diodo zener, così come tutti gli altri componenti elettronici, viene normalmente indicato nel linguaggio elettrico figurato attraverso un simbolo (figura 8).

In figura 9 è riportata, per intero, la curva caratteristica di un diodo zener che, polarizzato direttamente si comporta come un normalissimo diodo al silicio, mentre quando viene polarizzato inversamente non conduce corrente, sino al valore di tensione zener; ma una volta raggiunto tale valore il diodo entra rapidamente in conduzione. Si noti che se la corrente inversa, che attraversa il diodo, varia notevolmente, la tensione, sui terminali del diodo, rimane praticamente sempre quella di zener, per cui ne consegue un notevole effetto stabilizzante.

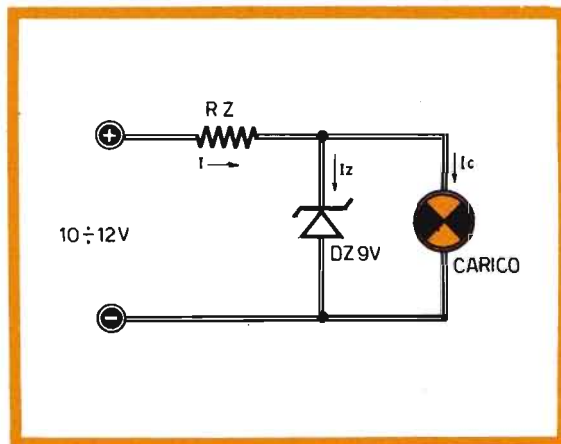



Fig. 10 - Semplice circuito di alimentatore stabilizzato, che permette il passaggio di una corrente di valore costante attraverso il carico.

Fig. 9 - Curva caratteristica dell'andamento della corrente elettrica, in rapporto alla tensione, di un diodo zener. Normalmente fino ad un valore di tensione di 0,6 V la corrente è bassissima; essa aumenta rapidamente da questo valore di tensione. La corrente diviene anche intensissima quando al diodo zener viene applicata una tensione inversa, che porta all'immediata distruzione del componente.

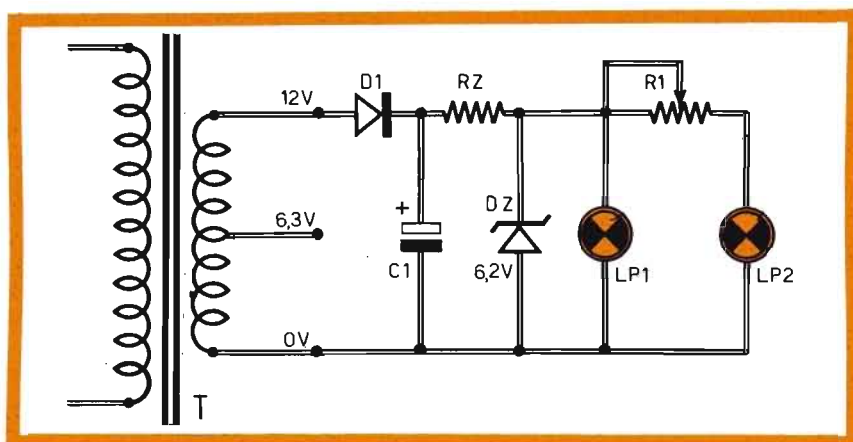



Fig. 11 - Realizzando questo circuito il lettore avrà modo di verificare gli effetti stabilizzanti del diodo zener.

COMPONENTI

C1	=	2.000 µF - 16 Vl.
RZ	=	10 ohm - 2 W
R1	=	10 ohm - 5 W (potenz. a filo)
D1	=	BY126
DZ	=	6,2 V - 10 W
LP1	=	6 V - 50 mA
LP2	=	6 V - 50 mA
T	=	trasf. d'alimentaz. (12 V - 1 A)

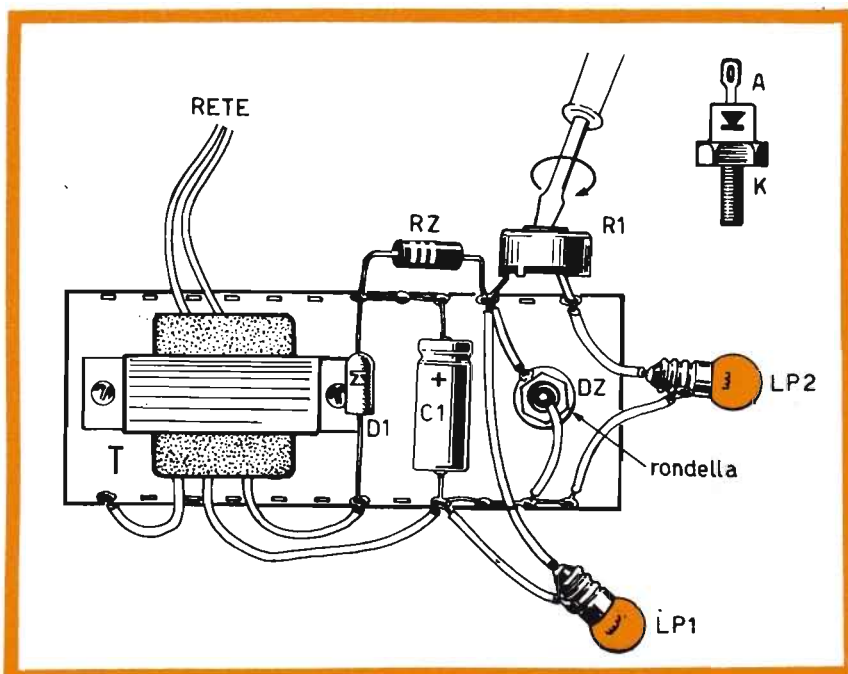



Fig. 12 - Piano di cablaggio del circuito necessario per constatare in pratica gli effetti di stabilizzazione di un diodo zener.

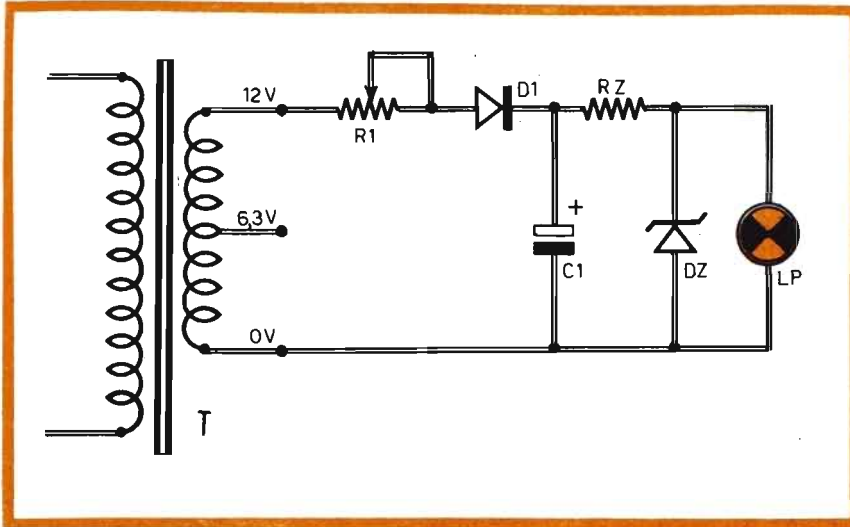



Fig. 13 - Con questo circuito è possibile controllare gli effetti stabilizzanti di un diodo zener quando varia la tensione di alimentazione.

COMPONENTI

C1	=	2.000 μF - 16 Vl.
RZ	=	10 ohm - 2 W
R1	=	10 ohm - 5 W (potenz. a filo)
D1	=	BY126
DZ	=	6,2 V - 10 W
LP	=	6 V - 50 mA
T	=	trasf. d'alimentaz. (12 V - 1 A)

STABILIZZAZIONE DI TENSIONE

Dalle ultime osservazioni esposte è facile dedurre che l'impiego principale dei diodi zener è quello della realizzazione di circuiti alimentatori stabilizzati di cui, in figura 10, è riportato un semplice esempio.
Infatti, collegando un diodo zener in parallelo con un determinato carico, questo eviterà, ovviamente entro certi limiti, ogni variazione di tensione dovuta, ad esempio, a variazioni della tensione di alimentazione.
La presenza della resistenza RZ è assolutamente necessaria, perché ad essa è affidato il compito di determinare la massima corrente nel circuito, preservando l'integrità del diodo zener.
Collegando, ad esempio, un diodo zener da 9 V direttamente, senza alcuna resistenza con una sorgente di alimentazione di 10-12 V, si verrebbe a produrre nel diodo zener una corrente talmente intensa da distruggerlo all'istante.

Fig. 14 - Con questo tipo di collegamento di due diodi zener la potenza risulta distribuita, sui due diodi, in misura direttamente proporzionale alla loro tensione.

Fig. 15 - Per aumentare la potenza complessiva dissipabile non si deve mai ricorrere al collegamento in parallelo di due diodi zener.

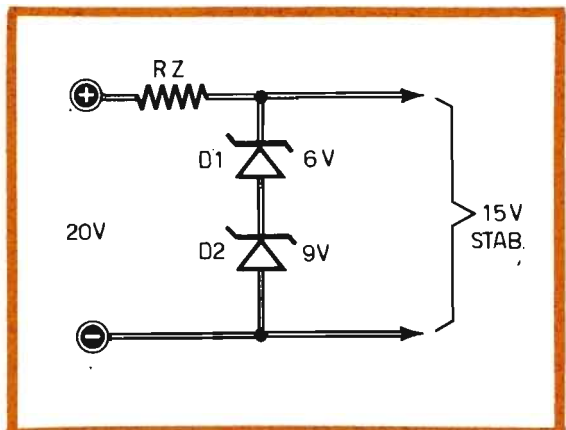
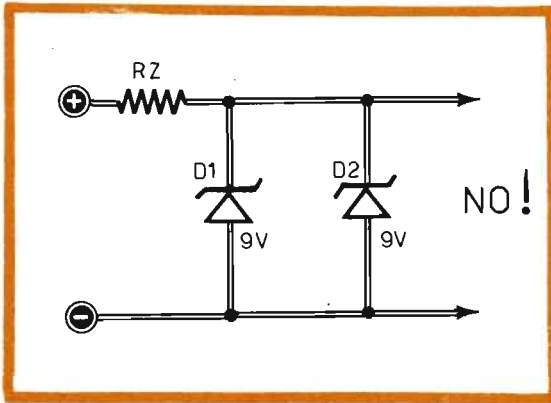
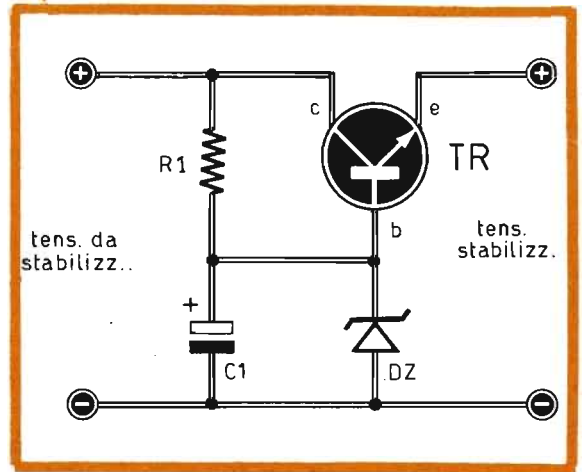



Fig. 16 - Per evitare l'acquisto di diodi zener di potenza, molto costosi, si ricorre all'uso di un transistor, che è in grado di trasformare un diodo zener di piccola potenza in uno di potenza elevata.

La resistenza di zener deve essere opportunamente determinata, in modo da non superare un valore di corrente prestabilito e da non provocare una eccessiva caduta di tensione.

TENSIONE DI INGRESSO VARIABILE

Volendo offrire a tutti i lettori l'opportunità di progettare un alimentatore stabilizzato in grado di soddisfare le proprie esigenze, cercheremo ora di spiegare a tutti in qual modo sia possibile calcolare il valore della resistenza di zener.
Facciamo ancora riferimento allo schema di figura 10 e supponiamo che il carico rimanga costante, per esempio assorbendo sempre una corrente di 100 mA con l'alimentazione di 9 volt, mentre la tensione di alimentazione può variare da un minimo di 10 V ad un massimo di 12 V. Con i valori ora citati si può decidere di utilizzare un diodo zener da 9 V perché questo valore è quello della tensione con la quale viene alimentato il carico, facendo scorrere una corrente minima pari a circa 1/20 della corrente del carico, cioé a:

$$100 \text{ mA} \times \frac{1}{20} = 5 \text{ mA}$$

Fig. 17 - Esempio di impiego di diodo zener per la realizzazione di un voltmetro a scala dilatata.

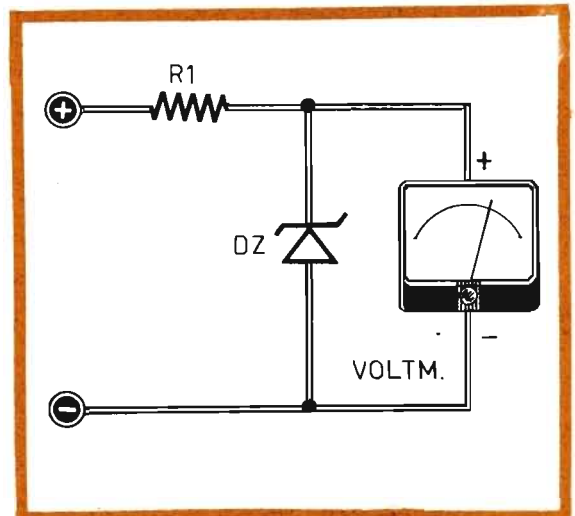
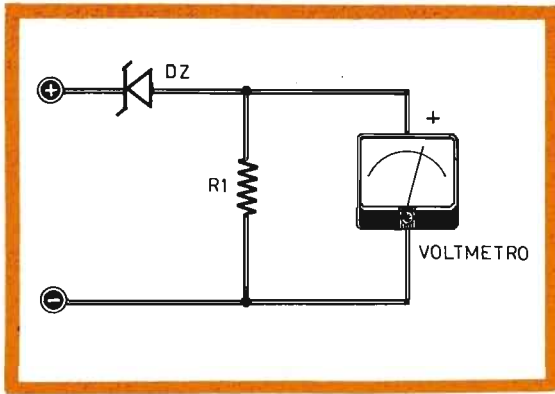



Fig. 18 - L'impiego del diodo zener serve, come nel caso di questo circuito, per ottenere una efficiente protezione dello strumento di misura contro i sovraccarichi.

Fig. 19 - Quando sui terminali di un diodo varicap viene applicata una tensione di basso valore, internamente al componente si formano due strati di cariche che simulano le due armature di un condensatore variabile. Queste armature sono molto vicine tra loro e la capacità del diodo è elevata.

La resistenza RZ viene quindi determinata tramite la seguente relazione:

$$RZ = \frac{\text{Valim. (minima)} - \text{Vzener}}{Ic + Iz}$$

Poiché nell'esempio citato è Valim. (minima) = 10 V; Vz = 9 V; Ic = 100 mA; Iz = 5 mA, applicando la formula precedente, si ottiene:

$$RZ = \frac{(10 - 9)\ V}{105\ mA} = 10 \text{ ohm circa}$$

A questo punto occorre determinare il valore della potenza del diodo zener.
Per ottenere questo dato occorre ricavare il valore della massima corrente che attraversa la resistenza RZ e che risulta pari a:

$$Imax. = \frac{Vmax. - Vz}{Rz} = \frac{12 - 9}{10} = 300 \text{ mA}$$

Una parte di questo flusso di corrente, più precisamente 100 mA, interessa il carico; la rimanente parte di 200 mA costituisce il valore massimo di corrente che interessa il diodo zener. Il diodo quindi dissiperà, al massimo, una potenza pari a:

$Pz = Iz\ (max.) \times Vz = 200\ (mA) \times 9 = 1{,}8\ W$

Per ovvii motivi di sicurezza, converrà utilizzare un diodo zener da 3 W.

TENSIONE DI INGRESSO E CARICO VARIABILI

Nella maggior parte delle applicazioni pratiche non occorre soltanto stabilizzare le variazioni della tensione di ingresso, ma occorre anche provvedere alla stabilizzazione della corrente di carico, che può variare anche notevolmente. Per esempio, volendo alimentare un piccolo ricevitore radio, questo presenterà un diverso assorbimento di corrente col variare del volume sonoro. Vediamo dunque di interpretare, anche in questo caso, il processo di progettazione di un efficiente circuito di stabilizzazione.

Per questo procedimento, come per quello precedente, occorre conoscere il valore minimo e quello massimo della corrente assorbita dal carico che, per esempio, possiamo fissare nei limiti di 50 e 200 mA, mantenendo le stesse variazioni della tensione di ingresso citate nell'esempio precedente.

Così fissando un valore minimo di corrente nello zener nella misura di 1/20 (o anche meno) del-

la corrente di carico, avremo:

$$Iz\ (minima) = \frac{1}{20} \times 200 = 10\ mA$$

Determinando il valore della resistenza di zener con una formula analoga a quella riportata nell'esempio precedente, si otterrà:

$$RZ = \frac{Valim.\ (minima) - Vz}{Icarico(max.) + Iz\ (minima)} =$$

$$= \frac{10 - 9}{210} = 5\ ohm\ circa$$

Poiché il valore della massima corrente che attraversa la resistenza di zener RZ è:

$$Imax. \frac{Vmax. - Vz}{RZ} = \frac{12 - 9}{5} = 600\ mA$$

ritenendoci di agire nel peggiore dei casi, quando la corrente assume il valore di 50 mA, cioè quando questa corrente viene assorbita dal carico, attraverso lo zener passerà una corrente d'intensità pari a: 60 — 50 = 550 mA.

Dunque, il diodo zener dissiperà una potenza pari a 5 W, dato che Pz = 550 mA x 9 V = 4,95 W. Per ovvii motivi di sicurezza, occorrerà servirsi di un diodo zener da 10 W. Occorre ancora ricordare che, durante il loro funzionamento, i diodi zener, soprattutto quelli di potenza, dissipano notevole quantità di calore; ecco perché questi componenti assai spesso vengono muniti di elementi dispersori di calore.

Fig. 20 - Aumentando la tensione applicata sui terminali del diodo varicap, il valore capacitivo del componente diminuisce, perché le cariche elettriche risultano distanziate tra loro.

UN CIRCUITO PRATICO ESPLICATIVO

Per verificare gli effetti stabilizzanti del diodo zener, nel caso in cui si abbia a che fare con un carico variabile, occorre realizzare il circuito di figura 11, del quale forniamo, in figura 12 anche il piano di cablaggio.

Il circuito è dotato di un elemento di regolazione, rappresentato dal potenziometro R1. Agendo su questo potenziometro è possibile far variare la corrente di carico e si potrà evidenziare il fatto che, pur variando la corrente, la lampada LP2, che non risulta stabilizzata da alcun diodo zener, varierà la propria luminosità a seconda della porzione della resistenza R1 inserita nel circuito; la lampada LP1, invece, rimarrà costantemente accesa senza variazioni di luminosità, evidenziando in tal modo la buona stabilizzazione effettuata dal diodo zener DZ.

Fig. 21 - Esempio classico di impiego di diodo varicap in sostituzione del condensatore variabile di tipo meccanico.

Fig. 22 - Il valore capacitivo del diodo varicap diminuisce quando il cursore del potenziometro si sposta verso il morsetto positivo della sorgente di alimentazione.

Realizzando il progetto di figura 13 sarà possibile verificare la stabilizzazione prodotta dai diodi zener al variare della tensione di alimentazione. Questa volta il potenziometro R1 risulta collegato a monte del diodo zener; quindi, al variare della propria resistenza, R1 simulerà le variazioni della tensione di alimentazione dovuti a sbalzi di rete. Si potrà così facilmente constatare l'effetto del diodo zener, che sarà tale da rendere costante, anche in presenza delle fluttuazioni provocate da R1, la tensione sui terminali della lampada LP.

COLLEGAMENTI DI PIU' DIODI ZENER

Anche se i diodi zener vengono oggi prodotti in una grande varietà di modelli, per valori di tensioni diverse (3 ÷ 200 V circa) e diversi valori di potenza (200 mW ÷ 10 W), può capitare, per esigenze tecniche particolari, di dover ricorrere al collegamento di due o più diodi zener.
Per esempio, volendo realizzare un progetto in cui necessita un diodo zener da 15 V e non si riesce a reperire in commercio un tale componente, si potrà raggiungere lo stesso risultato collegando in serie fra loro due diodi zener, uno da 6 V e l'altro da 9 V. In questo tipo di collegamento la potenza risulta distribuita sui due diodi in misura direttamente proporzionale alla loro tensione (figura 14).
Non è invece possibile in alcun caso il collegamento di due diodi zener in parallelo, allo scopo di aumentare la potenza complessiva dissipabile. Infatti, se si realizzasse il circuito di figura 15, collegando in parallelo due diodi zener da 9 V - 10 W, allo scopo di ottenere un diodo fittizio da 9 V - 20 W, succederebbe che, per inevitabili

Fig. 23 - Simboli elettrici di diodi optoelettronici. A sinistra è rappresentato il simbolo di un diodo ricevitore, a destra quello di un diodo emettitore di luce.

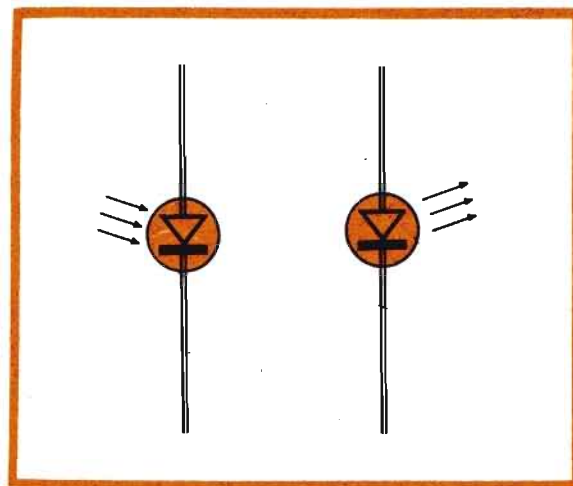
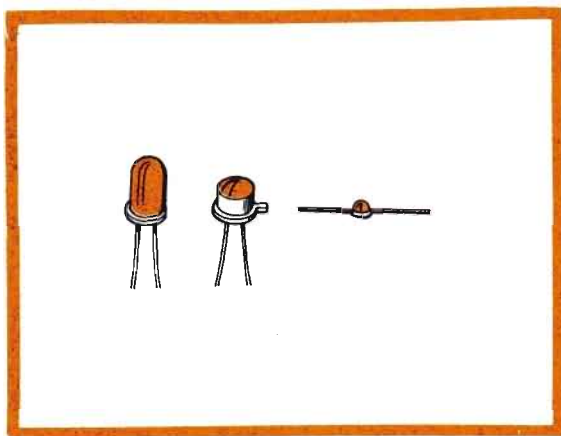



Fig. 24 - Raffigurazione reale di alcuni elementi optoelettronici.

piccolissime variazioni costruttive, uno dei due zener, possedendo una tensione anche di poco inferiore a quella dell'altro, entrerebbe per primo in conduzione sopportando da solo tutto il carico. Volendo aumentare la potenza di un diodo zener, occorre collegare in serie due elementi con tensione pari a metà di quella richiesta.

STABILIZZAZIONE DI POTENZA

Quando si debbono stabilizzare forti correnti o forti variazioni della tensione di ingresso, risulta poco economico ricorrere all'uso esclusivo di diodi zener che, nel caso in cui non si ricorra a tipi speciali di costo elevato, riescono a dissipare una potenza massima di 10 W ciascuno. Si preferisce quindi ricorrere all'uso di un transistor che trasforma un diodo zener di piccola potenza in uno di potenza elevata. Per esempio, utilizzando un diodo zener da 1 W, con un transistor che abbia un guadagno pari a 50, i risultati saranno simili a quelli ottenibili con diodo zener da 50 W, mentre il costo del circuito (figura 16) risulterà notevolmente inferiore.
Naturalmente il transistor dovrà essere adatto a sopportare la potenza richiesta.
In commercio esistono ottimi transistor a basso prezzo che ben si addicono a questi particolari impieghi di regolazione; ricordiamo, ad esempio, il transistor tipo 2N3055 con corrente massima = = 15 A, potenza dissipabile = 110 W circa e guadagno di 20 ÷ 70.
Volendo progettare un simile alimentatore stabilizzato, occorrerà conoscere il guadagno del transistor TR, quindi occorrerà procedere al dimensionamento della resistenza R1 e del diodo zener DZ seguendo gli stessi criteri adottati per i progetti precedentemente analizzati; per questo tipo di progetto (figura 16) occorrerà supporre che la corrente di carico risulti pari a quella effettiva divisa per il guadagno del transistor utilizzato.
Il condensatore elettrolitico C1 ha la doppia funzione di filtro di livellamento e di by-pass (cortocircuito) per il fruscio che viene normalmente generato dai diodi zener.
Il progetto di figura 16, dunque, è adatto alla realizzazione di ottimi alimentatori stabilizzati per ricevitori radio, mangianastri o altri apparati elettronici, in casa o nell'auto, allo scopo di risparmiare le pile di alimentazione e di ottenere dall'apparecchio così alimentato prestazioni superiori.

GLI ZENER E GLI STRUMENTI

L'impiego dei diodi zener non è limitato ai soli alimentatori stabilizzati, anche se questo rappresenta l'uso principale.
Si possono ora citare brevemente due diversi impieghi di questi diodi speciali abbinati a strumenti di misura, con lo scopo di ottenere da questi ultimi particolari prestazioni.
Il progetto riportato in figura 17 mostra come si possa facilmente realizzare un voltmetro a scala espansa. Questo particolare strumento può essere molto utile quando interessino le piccole variazioni di tensione attorno a valori relativamente grandi. Per esempio, volendo conoscere se una tensione di 52 V risulta stabile, non potendo pretendere un dato simile da un normale voltmetro commutato sulla portata di 100 V, dato che le variazioni di 1 V non sarebbero nemmeno avvertibili e tanto meno misurabili, si deve ricorrere ad un accorgimento. Si fa impiego di un voltmetro a scala espansa, nel quale lo zero normale coincide con il valore di 50 V, mentre il fondoscala coincide con il valore di 55 V; queste variazioni di tensione sarebbero assolutamente inavvertibili. Ma inserendo nel circuito di figura 17

un diodo zener da 50 V ed utilizzando uno strumento da 5 V fondo-scala, è possibile raggiungere il risultato voluto. Infatti, se la tensione è inferiore a 50 V, il diodo zener non conduce e l'indice dello strumento rimane fermo sullo zero; se la tensione è superiore di qualche volt, nel diodo zener si verificherà una caduta di 50 V, mentre la rimanente parte di tensione verrà letta sullo strumento. La resistenza R1 è necessaria nel caso di impiego di strumenti abbastanza sensibili; essa dovrà essere regolata in modo che, in condizioni di impiego normale, nel diodo, che dovrà essere di piccola potenza, scorra una corrente sufficiente ad ottenere l'effetto zener (normalmente è sufficiente la corrente di 1 mA). Un pratico impiego a scala dilatata può ottenersi nell'autovettura, allo scopo di tenere sotto controllo la tensione della batteria; in questo caso, utilizzando uno zener da 10 V e uno strumento da 0-5 W, si potranno tranquillamente rilevare valori di tensione fra i 10 e i 15 V, rimanendo così costantemente informati sullo stato della batteria.

Il progetto rappresentato in figura 18 serve per ottenere una efficiente protezione dello strumento di misura contro i sovraccarichi. In questo caso lo strumento funzionerà normalmente sino a che, raggiunto il valore della tensione di zener, il diodo non stabilizzerà la tensione rendendo impossibile ogni aumento e preservando il voltmetro da urti violenti sul fondo-scala.

I DIODI VARICAP

La zona di giunzione P-N dei diodi, quella in cui si crea la barriera costituita da due strati di cariche elettriche di segno opposto, può essere considerata come una piccola pila. Ma gli strati di cariche positive e negative si comportano, a tutti gli effetti, come un condensatore la cui capacità è normalmente di qualche decina di picofarad. La capacità sussiste anche se le superfici delle armature sono molto ridotte. Ciò vale naturalmente per i normali diodi, mentre in taluni moderni componenti il valore capacitivo raggiunge le centinaia di picofarad.

Si può ben dire che ogni diodo a giunzione racchiude, nel suo involucro, un piccolo condensatore. Ed è ovvio che, per poter sfruttare questa particolarità dei diodi, occorre polarizzarli inversamente, in modo che non conducano corrente, simulando lo stato di isolamento tra le armature di un condensatore reale.

La caratteristica più saliente di questa capacità allo stato solido è quella di variare il proprio valore con il variare della tensione applicata al

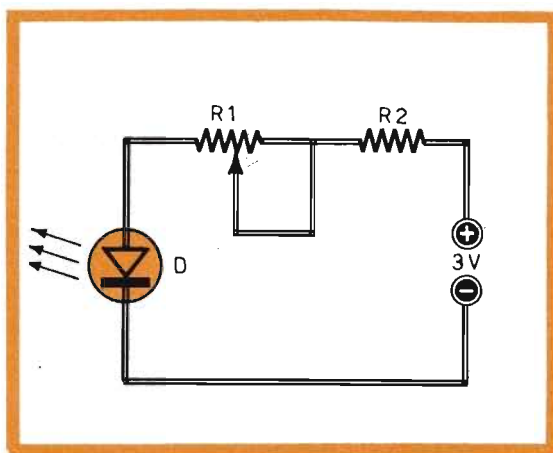



Fig. 25 - Esempio di applicazione di un diodo fotoemettitore.

Fig. 26 - I diodi a luce rossa vengono impiegati abbondantemente nella formazione di numeri dei display. Alimentando soltanto una parte di diodi, cioè una parte dei sette segmenti, è possibile ottenere la riproduzione dei numeri.

diodo. Questo fenomeno avviene normalmente in ogni diodo, ma risulta evidenziato in componenti appositamente concepiti e denominati « diodi varicap ».

Il fenomeno fisico, che determina le variazioni di capacità, è assai complesso; esso si basa sulle proprietà della « barriera »; infatti, man mano che aumenta la tensione inversa, applicata al diodo, alla barriera di potenziale giunge una dose di forza e vigore; la barriera quindi respinge con maggior energia le cariche che formano le armature del condensatore, determinando una diminuzione di capacità.

Il diodo varicap si comporta quindi come un vero e proprio condensatore variabile, nel quale le variazioni capacitive sono ottenute facendo variare, anche con il sistema automatico, la tensione suo terminali del diodo.

PREGI DEL DIODO VARICAP

Rispetto al vecchio ed ingombrante condensatore variabile, il diodo varicap presenta notevolissimi pregi. Infatti, con il diodo varicap, che è un minuscolo diodo a giunzione, si ottiene un notevole risparmio di spazio, si ha la possibilità di pilotare la sintonia tramite la tensione, eliminando i fenomeni di slittamento di frequenza dovuti alla capacità aggiuntiva introdotta dalla mano dell'operatore.

Con il diodo varicap è inoltre possibile ottenere un comando automatico della capacità del condensatore. Ciò avviene ad esempio nei circuiti di controllo automatico della frequenza, nei ricevitori a modulazione di frequenza, nei quali la tensione applicata al diodo varicap, inserito nel circuito oscillante dell'oscillatore locale, viene comandata in modo da ottenere sempre il massimo segnale, così da agganciare la emittente a modulazione di frequenza.

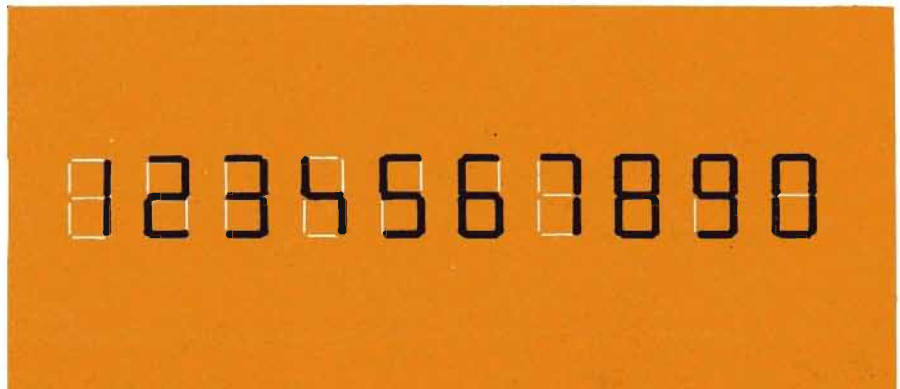
Altri impieghi dei diodi varicap vengono effettuati nei sintetizzatori di frequenza, nei V.C.O. e nel settore televisivo, dove è possibile ottenere la perfetta sintonizzazione dei singoli canali TV tramite semplici pulsantiere, senza ricorrere ad ingombranti commutatori che sono facili a rompersi o a presentare difetti di funzionamento.

IMPIEGHI PRATICI DEI DIODI VARICAP

Il circuito riportato in figura 21 propone un esempio classico di impiego di diodo varicap in sostituzione del condensatore variabile di tipo meccanico. Il circuito prevede l'inserimento di un potenziometro per la regolazione della sintonia, in una impedenza di alta frequenza, di un condensatore fisso e di un diodo varicap di capacità appropriata, cioé dipendente dal valore capacitivo del condensatore meccanico che si vuol sostituire.

La bobina è quella già esistente nel circuito di sintonia. L'impedenza di alta frequenza è necessaria per evitare che il segnale di alta frequenza vada a scaricarsi a massa attraverso il potenziometro di sintonia. Potrà essere conveniente collegare, tra il cursore del potenziometro e massa, un condensatore da 20.000 pF, in modo da eliminare ogni residuo di alta frequenza sul potenziometro stesso.

L'inserimento del condensatore da 1.000 pF, in serie con la bobina, è indispensabile, perché in caso contrario, collegando direttamente il diodo varicap in parallelo alla bobina, questo si verreb-

Fig. 27 - Tutti i numeri dall'uno al nove possono essere ottenuti accendendo una parte dei diodi che compongono uno stesso disegno formato da sette segmenti.

be a trovare in condizioni di cortocircuito, senza poter svolgere le sue funzioni di condensatore variabile.

Ricordiamo che, ruotando il cursore del potenziometro verso il terminale di massa (bassa tensione), si otterrà il massimo valore capacitivo del diodo varicap, corrispondente al valore più basso di frequenza sintonizzabile dal circuito accordato.

Quando il cursore del potenziometro viene fatto ruotare verso l'estremità collegata con la tensione positiva (+ 12 V), si ottiene un allontanamento delle cariche (figura 22); la capacità risultante apparirà ridotta ed il circuito verrà a sintonizzarsi su una frequenza più elevata.

DIODI OPTOELETTRONICI

L'optoelettronica riguarda tutti quei dispositivi il cui funzionamento è legato alla presenza di radiazioni luminose ed energia elettrica.

In questi ultimi anni l'optoelettronica ha subito un notevole sviluppo per merito della realizzazione di elementi « solid-state », in grado di emettere luce o di rivelarla. Tali dispositivi sono molto robusti, di piccole dimensioni di costo relativamente basso e di eccellenti prestazioni; in virtù di tutte queste caratteristiche, essi hanno compiuto una vera e propria rivoluzione tecnologica nel settore industriale, permettendo di risolvere molti problemi di controllo a distanza, di isolamento elettrico, di telecomunicazioni, ecc.

I dispositivi optoelettronici possono essere suddivisi in due categorie: i fotorivelatori, che risultano sensibili alla luce incidente su di essi, e i fotoemettitori, in grado di convertire l'energia elettrica, con cui vengono alimentati, in energia luminosa emettendo luce con particolari caratteristiche di colore o di coerenza (laser).

IL PRINCIPIO DI BASE

La sensibilità alla luce di certe sostanze, oppure la loro possibilità di emettere luce, è prevalentemente legata al movimento degli elettroni nei cristalli a semiconduttore.

E senza entrare a fondo nell'argomento, ricorderemo semplicemente che nei semiconduttori la corrente circola a causa di « salti » che gli elettroni effettuano tra alcune orbite degli atomi.

Questi salti sprigionano, o richiedono, una certa qualità di energia che si manifesta sottoforma di luce, colore od altro.

Nei componenti fotosensibili, facendo cadere su di essi una radiazione luminosa, si provoca un gran movimento di elettroni internamente al cristallo, favorendo la circolazione di una corrente elettrica; il numero degli elettroni in movimento è relativamente basso ed anche la corrente elettrica è molto esigua.

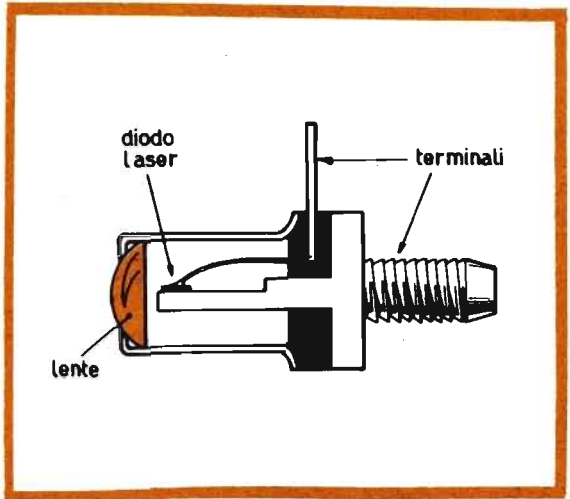



Fig. 28 - Questa è la configurazione reale di un diodo Laser.

Nei, componenti fotoemettitori si verifica il processo inverso; in questi elementi, quindi, gli elettroni che « saltano » fra le varie orbite degli atomi sono tanto maggiori quanto maggiore è la corrente che si fornisce al componente; conseguentemente risulta tanto maggiore la luce emessa.

VARI TIPI DI DIODI OPTOELETTRONICI

Tra i componenti più semplici e, allo stesso tempo, più efficaci nel settore dei rivelatori fotoelettrici, vi sono i diodi fotosensibili denominati anche fotodiodi.

Normalmente il componente semiconduttore è il silicio opportunamente lavorato. Esso presenta una vastissima gamma d'onda di funzionamento, che rende possibile la sua utilizzazione anche nel settore dell'infrarosso (luce invisibile), per sistemi di allarme.

I diodi fotosensibili vengono oggi prodotti in una vasta gamma di modelli, opportunamente incapsulati in contenitori di plastica, dei quali molti sono forniti di lente allo scopo di aumentare la concentrazione della luce nel punto in cui è situato l'elemento sensibile.

Facciamo presente che, grazie alla estrema mi-

niaturizzazione di questi elementi, è stato possibile racchiudere in un unico contenitore molte migliaia di diodi fotosensibili con il risultato della formazione di un vero e proprio VIDICON (tubo della telecamera) allo stato solido che, pur non presentando lo stesso grado di definizione del modello tradizionale, offre innegabili vantaggi di praticità, robustezza e miniaturizzazione.

I DIODI LED

I diodi LED, cioé i diodi emettitori di luce, sono i componenti optoelettronici che, più di ogni altro, hanno suscitato l'interesse dei tecnici e degli studiosi.

Le caratteristiche di queste « lampadine » allo stato solido sono senz'altro degne di nota.

La prima fra queste è senza dubbio la durata praticamente infinita del componente, che ne permette l'uso in apparati segnalatori con la garanzia della più assoluta affidabilità. Inoltre, a differenza delle comuni lampadine a filamento, i diodi LED sono componenti « freddi », per cui è possibile inserirli in punti delicati, riducendo eventualmente le dimensioni di possibili proiettori, proprio perché non richiedono alcun procedimento di raffreddamento. Questi diodi consumano poca energia rispetto alla luce emessa; sono di piccolissime dimensioni ed infrangibili.

I diodi LED, a seconda del materiale usato per la loro costruzione, possono emettere luce visibile, principalmente rossa, e luce invisibile (infrarossa), con bande di emissione molto strette, che permettono l'eliminazione dei poco convenienti filtri ottici.

Essendo privi di inerzia, i diodi LED possono essere impiegati per modulare la luce a frequenze assai elevate (3 MHz circa), permettendo la realizzazione di ottimi sistemi di telecomunicazione luminosa.

FUNZIONAMENTO DEI DIODI LED

Per condurre la corrente elettrica, i diodi LED devono essere polarizzati direttamente; a seconda dei tipi di diodi, la corrente può variare da pochi milliampere alle centinaia di milliampere, per quelli di potenza, raggiungendo anche vari ampere in regime impulsivo.

Lo schemino di figura 25 interpreta il modo di impiego pratico di un diodo LED variandone la luminosità tramite il potenziometro R1.

Il diodo deve essere correttamente inserito, poiché la bassa tensione inversa, sopportabile da questi tipi di componenti, potrebbe condurre, in caso di errato inserimento, alla distruzione del diodo stesso.

Una delle applicazioni pratiche, attualmente in grande sviluppo, è l'uso dei diodi LED per la composizione di Display allo stato solido, per ottenere cioé le cosiddette lampade numeriche a sette segmenti. Infatti, inserendo in un unico contenitore vari diodi elettroluminescenti, disposti nel modo indicato in figura 26, è possibile, alimentando soltanto una parte di diodi, cioé una parte dei sette segmenti, ottenere la riproduzione di tutti i numeri.

In figura 27 è dimostrato come sia possibile ottenere la raffigurazione numerica.

IL DIODO LASER

Quando viene accesa una normale lampadina, questa emette radiazioni di tutte le lunghezze d'onda, cioé di tutti i colori, nel modo più casuale possibile. Il risultato che ne scaturisce è il seguente: il nostro occhio percepisce una sovrapposizione di tutte queste radiazioni con il risultato di vedere la luce bianca.

Al contrario, la luce Laser è quasi perfettamente monocromatica, cioé contiene una sola lunghezza d'onda. Ma non basta; la luce Laser è anche « coerente », cioé viene emessa con una precisa relazione di fase. Ma per essere più chiari su tale concetto, ricordiamo che la luce è costituita da « fotoni », che possono essere paragonati a tante palline di energia. Ebbene, nella luce cromatica, quale può essere ad esempio quella di un diodo LED, le palline, cioé i fotoni, vengono emesse casualmente l'una dopo l'altra, senza rispettare un intervallo fisso di tempo tra due emissioni successive, come invece avviene nel processo di emissioni luminose normali.

La luce Laser può essere paragonata ad un'onda radio di frequenza ben definita e dotata di una sua propria fase. L'unica differenza consiste nella frequenza dell'onda Laser che, essendo assai più elevata e concentrata in un sottile fascio luminoso, permette di indirizzare la sua potenza verso un punto prestabilito con risultati veramente fantascientifici.

Recentemente, prendendo le mosse dal principio costruttivo dei diodi LED, si è riusciti a produrre degli elementi in grado di emettere luce Laser.

Abbiamo voluto segnalare l'esistenza di questi componenti a titolo informativo, perché essi non possono considerarsi ancora alla portata degli hobbysti, soprattutto per motivi economici.

SPECIALE DIDATTICA

TEORIA E PRATICA CON I TRANSISTOR

La parola « transistor » corre oggi sulla bocca di tutti, dei profani e di coloro che di elettronica se ne intendono.
Generalmente si sa che il transistor è un componente dell'apparecchio radio, del registratore, dell'amplificatore, del mangiadischi o di altro apparato che sostituisce, nell'elettronica moderna la vecchia valvola termoionica e che permette di realizzare apparati di dimensioni molto ridotte.
I tecnici sanno a che cosa serve il transistor, ne conoscono la tecnica di collegamento nei circuiti, sanno misurare tensioni e correnti sui terminali. Non tutti, peraltro, conoscono la natura intima di un transistor, la sua costituzione interna, i fenomeni elettrici che in esso si manifestano. Sono concetti, questi, che non destano particolare interesse nella pratica applicazione di ogni giorno, ma che, tuttavia, chi si occupa di elettronica per diletto o professionalmente deve pur conoscere, per ridurre al minimo, nella propria mente, quell'insieme di misteri che ancor oggi sovrastano il mondo dell'elettronica.

GERMANIO E SILICIO

Ogni transistor è costituito da un corpo solido, dal quale fuoriescono tre o quattro terminali, corrispondenti ad altrettanti elettrodi contenuti nel transistor stesso, così come avviene nelle normali valvole elettroniche.
Ma come sono fatti internamente gli elettrodi di un transistor? A quali fenomeni elettrici essi danno luogo? In che modo il transistor riesce ad amplificare un segnale radio? Lo vedremo ben presto; per ora, occupiamoci di due particolari

Fig. 1 - Tutti i transistor possono essere suddivisi in due grandi categorie: quella degli NPN e quella dei PNP. I disegni, rappresentati sulla sinistra, si riferiscono al simbolo elettrico del transistor. Nel transistor PNP il simbolo di emittore è munito di una freccia rivolta verso il simbolo di base. Nel transistor NPN la freccia è rivolta verso l'esterno. Sulla destra del disegno sono rappresentati gli schemi elementari di alimentazione dei due tipi di transistor. La resistenza inserita fra collettore e base serve a polarizzare il transistor.

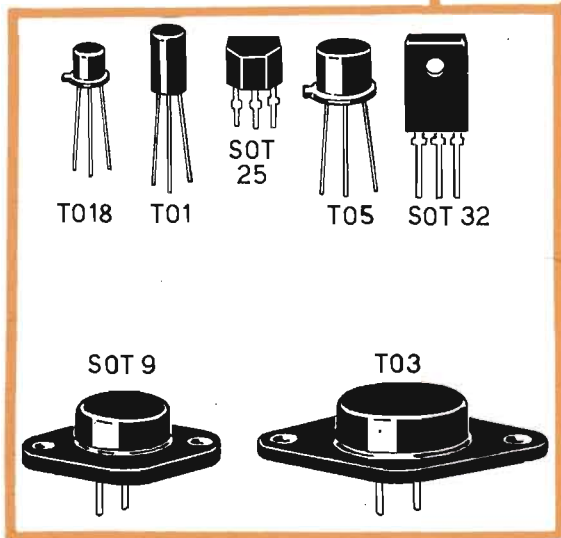
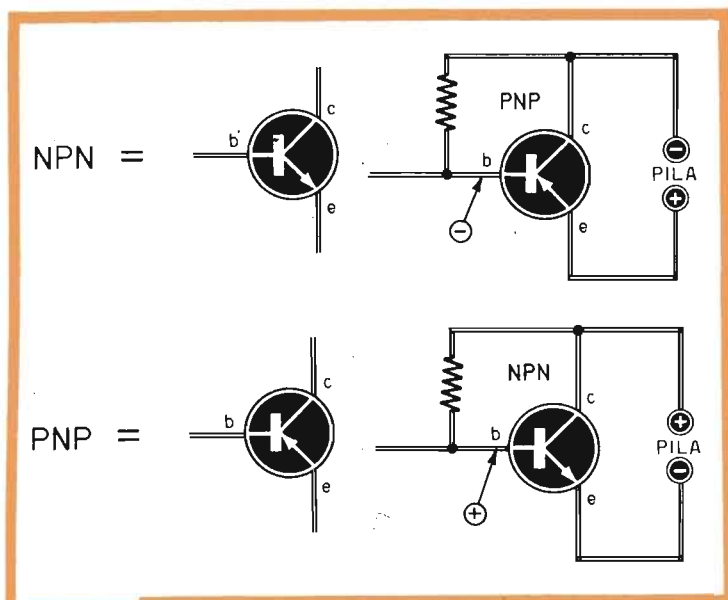



Fig. 2 - I transistor si differenziano tra loro anche per il tipo di involucro esterno. Ogni involucro è dotato di una particolare denominazione (indicata nella figura in corrispondenza dei sette tipi di transistor), che permette al tecnico di conoscere le dimensioni del componente e la forma con cui esso è costruito.

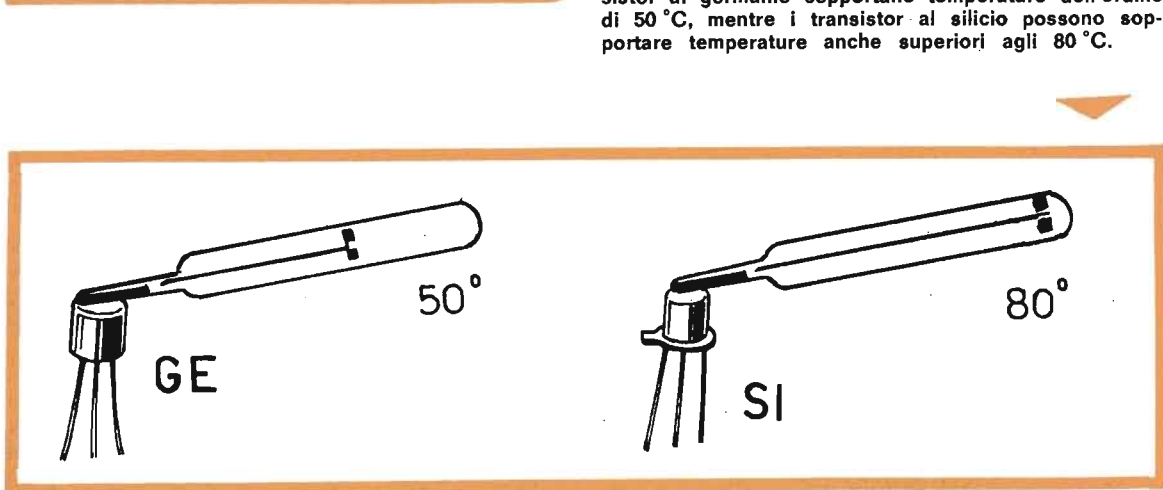



Fig. 3 - I transistor possono essere costruiti con cristallo di germanio impuro o di silicio impuro. I transistor al germanio sopportano temperature dell'ordine di 50 °C, mentre i transistor al silicio possono sopportare temperature anche superiori agli 80 °C.

cristalli che, oggi, sono alla base dell'elettronica moderna: il cristallo di germanio e quello di silicio.

Quando questi cristalli vengono mescolati con altri elementi, essi diventano dei « semiconduttori », cioé si lasciano attraversare dalla corrente elettrica in un sol verso: in pratica la corrente elettrica fluisce bene in un verso, mentre incontra una elevata resistenza nel verso opposto. Con altre parole si può dire che il germanio e il silicio impuri si comportano da conduttori quando essi vengono attraversati dalla corrente in un determinato verso, mentre si comportano da isolanti quando vengono attraversati dalla corrente nel verso opposto.

Ma questo concetto può non riuscir chiaro del tutto a quei lettori che desiderano una spiegazione più accurata e, nello stesso tempo, molto semplice. In realtà qui si tratta di interpretare tecnicamente l'espressione « semiconduttore ».

I semiconduttori sono quegli elementi che stanno fra i conduttori veri e propri e gli isolanti; i semiconduttori, cioé, non sono né conduttori né isolanti, mentre lo sono un po' degli uni e un po' degli altri.

A questa categoria di elementi appartengono il germanio e il silicio impuri, dei quali se ne sono ottenute due qualità diverse: germanio N e germanio P, silicio N e silicio P.

Il germanio e il silicio di tipo N sono il risultato dell'aggiunta, al cristallo, di parti di antimonio o arsenico; il germanio P e il silicio P risultano dall'aggiunta di parti di alluminio o indio al cristallo.

La denominazione N del cristallo discende dal fatto che in esso vi è una prevalenza di cariche negative. In pratica quando al cristallo puro vengono aggiunte particelle di antimonio o arsenico, queste ultime hanno il potere di donare elettroni agli atomi del cristallo, trasformandoli in cariche negative, che si possono muovere liberamente e che conferiscono al cristallo una conduttività negativa.

Nel cristallo P le particelle di alluminio o indio esercitano il potere di catturare elettroni, sottraendoli agli atomi del cristallo, i quali divengono cariche elettriche positive, il cristallo assume così una conduttività positiva.

DIODO

Quando si uniscono tra loro due pezzetti di cristallo impuri, uno di tipo P e uno di tipo N, si ottiene una giunzione PN, che è generalmente conosciuta sotto il nome di DIODO. In pratica, quando si accostano tra di loro due pezzetti di

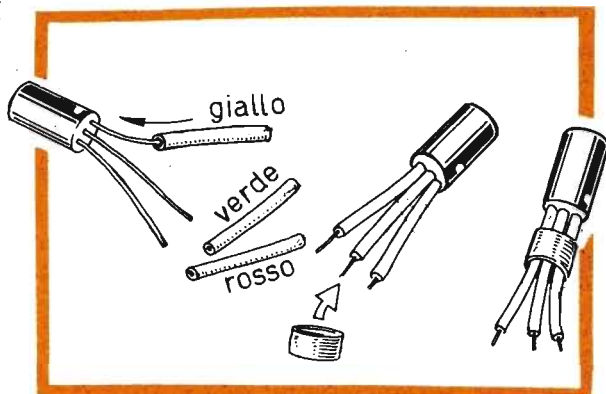



Fig. 4 - Quando si monta un transistor in un circuito, conviene sempre isolare i terminali del componente infilando in essi un tubetto colorato, in modo da impedire eventuali contatti interelettronici; un anello di plastica mantiene compatti e rigidi i tre conduttori.

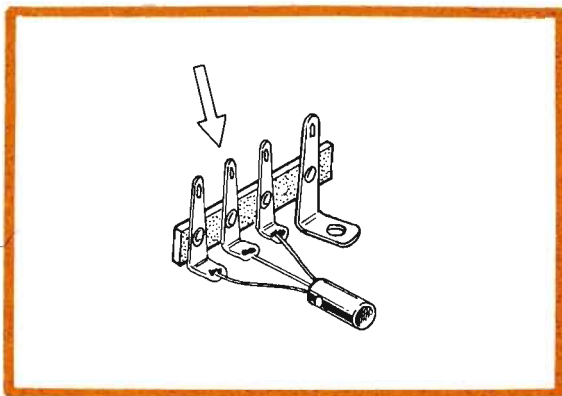



Fig. 5 - Per non danneggiare il transistor, soprattutto in sede sperimentale, conviene realizzare i collegamenti in quella parte dell'ancoraggio destinato a rimanere utilizzato.

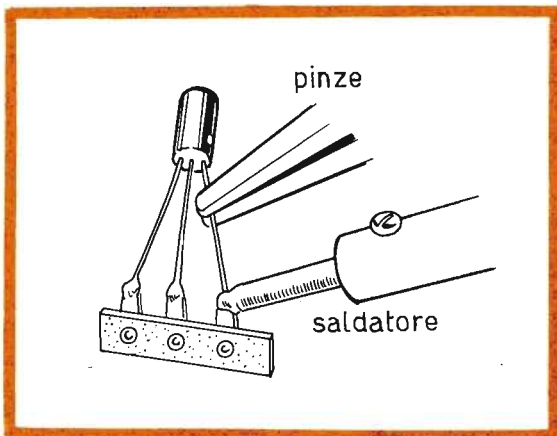



Fig. 6 - Il calore è un nemico del transistor. Per evitare che esso si trasferisca in notevole quantità all'interno del componente, occorre servirsi delle pinze metalliche, la cui massa favorisce la dispersione dell'energia termica.

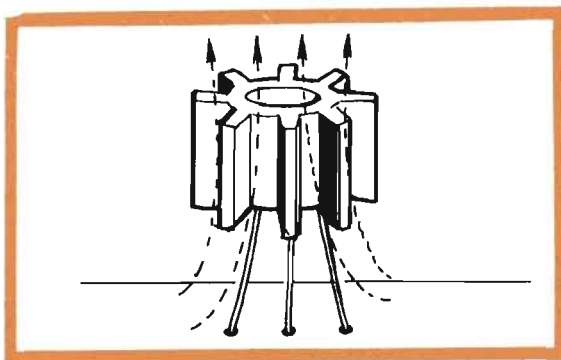



Fig. 7 - Quando sull'involucro del transistor viene applicato il radiatore, questo deve essere posizionato in modo tale da favorire la circolazione dell'aria. La posizione verticale è quindi da preferirsi sempre a quella orizzontale, nella quale la dispersione dell'energia termica diminuisce del 60%.

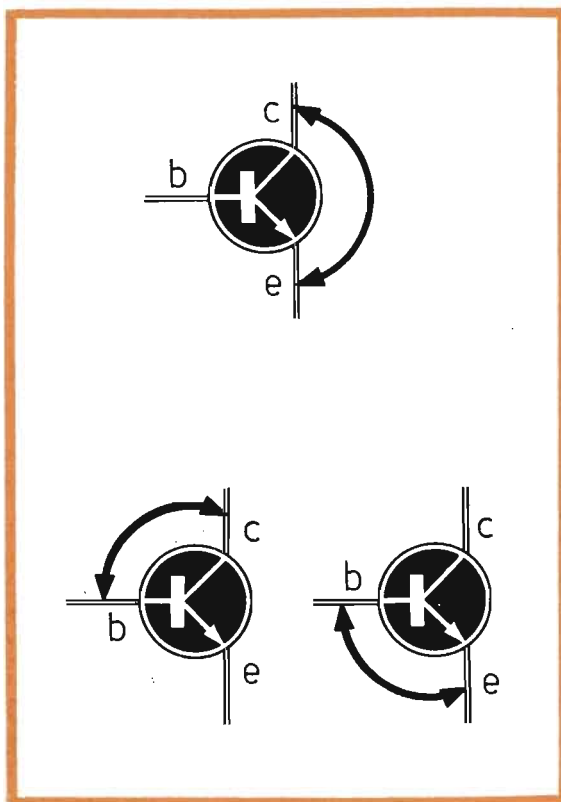



Fig. 8 - Un cortocircuito accidentale fra collettore ed emittore non danneggia il transistor; anche il cortocircuito casuale tra base ed emittore non danneggia il transistor. Il componente, invece, si danneggia quando il cortocircuito avviene fra base e collettore, a condizione che la resistenza di collettore sia di basso valore. Il transistor può danneggiarsi anche quando esso viene montato con polarità invertite. Anche in questo caso, tuttavia, il danno potrebbe essere lieve o grave, a seconda dei valori della tensioni, delle resistenze di carico e del tempo in cui sussiste il collegamento errato.

cristallo di nome diverso, P e N, si manifesta un particolare fenomeno: si verifica un momentaneo passaggio di elettroni dal cristallo N al cristallo P, che neutralizza soltanto le cariche che si trovano sulla superficie di contatto dei due cristalli. In questo modo la superficie di contatto, privata di cariche elettriche, si comporta come un isolante, che impedisce un ulteriore passaggio di elettroni dal cristallo N a quello P. Il fenomeno può paragonarsi a quello che si manifesta tra le due armature di un condensatore, nel quale le cariche elettriche non passano da un'armatura all'altra a causa dell'isolante interposto fra esse.

Dunque, il diodo allo stato solido è costituito da due pezzetti di cristallo di nome diverso: in uno vi sono cariche elettriche positive libere, nell'altro vi sono cariche elettriche negative libere; tra le due cariche vi è una barriera isolante, spontaneamente formatasi all'atto della giunzione dei due tipi di cristallo.

Il diodo è caratterizzato dalla presenza di due terminali uscenti: quello connesso con il cristallo positivo prende il nome di « anodo », mentre quello connesso con il cristallo negativo prende il nome di « catodo ».

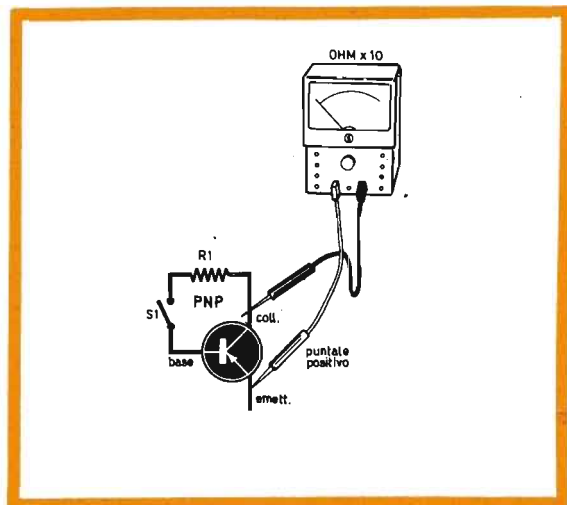
POLARIZZAZIONE DIRETTA O INDIRETTA

Supponiamo di inserire un diodo in un circuito composto da una pila e da una lampadina; in pratica si possono effettuare due tipi di collegamenti diversi: si può connettere il morsetto positivo della pila al cristallo P e si può connettere il morsetto positivo della pila al cristallo N.

Il risultato pratico di queste connessioni è il seguente: in un caso fluisce corrente nel circuito e la lampadina si accende, nel secondo caso nessuna corrente fluisce attraverso il circuito e la lampadina rimane spenta.

Si usa dire che nel primo circuito vi è « polarizzazione diretta », mentre nel secondo vi è « polarizzazione indiretta ». Spieghiamoci meglio.

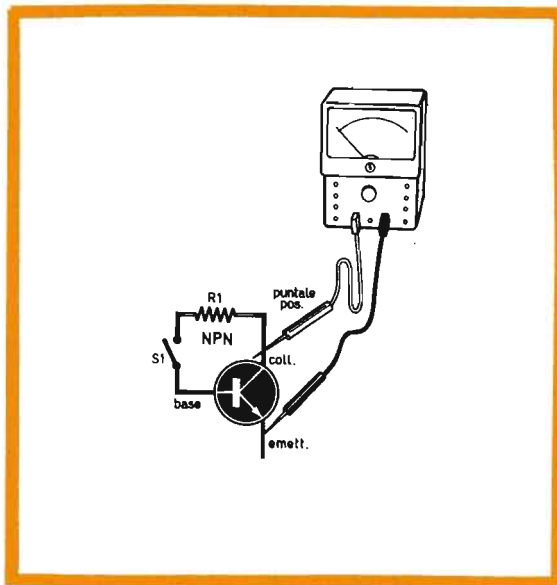
Quando il diodo è polarizzato direttamente (anodo collegato con il morsetto positivo della pila), le cariche elettriche negative, presenti sul morsetto negativo della pila, respingono le cariche negative libere del cristallo N (catodo), costringendole ad oltrepassare la zona neutra del diodo; le cariche elettriche positive libere, presenti nel cristallo P, vengono respinte dalle cariche positive presenti sul morsetto positivo della pila, costringendole ad oltrepassare la barriera isolante esistente fra i due tipi di cristallo; si sviluppa così una corrente elettrica nell'intero circuito che accende la lampadina.

Fig. 9 - Realizzando l'operazione elettrica qui raffigurata, è possibile controllare l'efficienza di un transistor di tipo PNP. Il tester deve essere commutato nella posizione ohm x10. Collegando il puntale positivo sull'emittore e quello negativo sul collettore, si dovrà ottenere una piccola deviazione dell'indice dello strumento (minore per i transistor al silicio, maggiore per quelli al germanio); la deviazione dell'indice, comunque, non dovrà mai essere totale. Chiudendo l'interruttore S1, la base si polarizza e la resistenza interna del transistor deve diminuire notevolmente. Tenendo conto della bassa tensione della pila, incorporata nel tester, non sussiste alcun pericolo di danneggiare i transistor anche quando vengono scambiati tra loro, inavvertitamente, i puntali dello strumento.

La spiegazione del fenomeno elettrico nel secondo esempio di collegamento del diodo è altrettanto semplice: il morsetto positivo della pila attrae le cariche elettriche negative libere del cristallo N, mentre il morsetto negativo della pile attrae le cariche elettriche positive libere del cristallo P. I due cristalli si impoveriscono immediatamente di carica fino all'accettazione completa di qualsiasi movimento di cariche elettriche: la corrente non fluisce nel circuito e la lampadina rimane spenta.

IL TRANSISTOR

Il transistor altro non è che una sovrapposizione di tre pezzetti di cristallo, due dello stesso tipo ed uno di tipo opposto. Si ha così la possibilità di costruire due tipi diversi di transistor: il transistor PNP e il transistor NPN.

Il transistor PNP è ottenuto con uno strato di cristallo positivo, uno strato centrale negativo ed un terzo strato positivo. A ciascuno dei tre strati di cristallo è collegato un conduttore, che costituisce il terminale al quale va saldato il col-

Fig. 10 - Questo schema ripropone il controllo di efficienza dei transistor di tipo NPN, già interpretato nel caso di figura 9. L'unica differenza tra i due tipi di controllo dei transistor consiste nell'inversione dei puntali del tester. Con i transistor di tipo NPN il puntale positivo deve essere applicato al collettore, quello negativo all'emittore.

legamento secondo lo schema elettrico di impiego del transistor.

Il transistor NPN è ottenuto mediante uno strato di cristallo negativo, uno strato centrale positivo e uno strato negativo.

I tre terminali del transistor (esistono anche transistor provvisti di quattro terminali) prendono il nome di EMITTORE, BASE, COLLETTORE. L'emittore viene anche chiamato « emitter ».

VARI TIPI DI TRANSISTOR

In commercio è presente una grande varietà di tipi di transistor, aventi forme diverse; ciascuno di essi ha le sue particolari caratteristiche ed è costituito con un certo procedimento che fa impiego di materiali diversi.

I tipi di transistor più noti sono quelli « a giunzione », « a contatti puntiformi », « a barriera » « drift », « unigiunzione », ecc.

PRATICA DEL TRANSISTOR

Il transistor, come ogni altro componente elettronico, richiede talune precauzioni, da parte della... fragilità o della... incolumità, il transistor presenta alcuni vantaggi ed anche certi svantag-

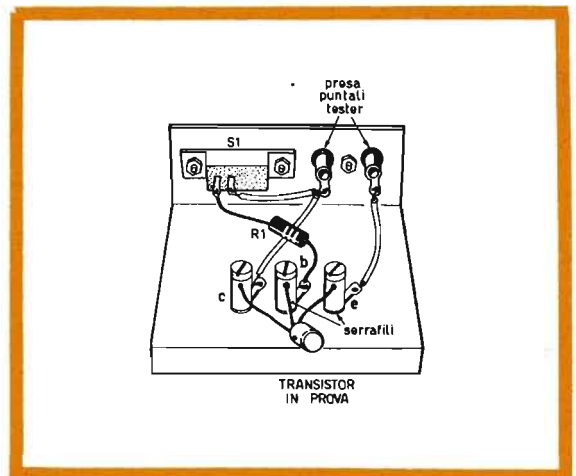
gi rispetto alla valvola elettronica. Ad esempio, quando la valvola elettronica cade per terra, molto spesso essa si rompe: il transistor no, perché il transistor è più compatto, più rigido e presenta una massa complessiva inferiore a quella di una normale valvola elettronica. Dunque, sotto il profilo meccanico, il transistor è molto più robusto della valvola elettronica e può essere sottoposto a sollecitazioni meccaniche alle quali le valvole elettroniche non resisterebbero.
Ma ciò non significa che il transistor debba considerarsi come una palla da biliardo, da sottoporsi continuamente ad urti e colpi; anche un transistor è un componente che costa quattrini e non v'è alcun motivo che autorizzi il tecnico, sia esso dilettante o professionista, a maltrattarlo. Ma se gli urti non sono nemici del transistor, esistono pur altri elementi dai quali il transistor deve essere assolutamente protetto: la temperatura eccessiva, il sovraccarico elettrico, l'errato collegamento al circuito, l'errata polarità di alimentazione, ecc.

Occorre, dunque, che il tecnico tenga presente in ogni caso un certo numero di regole dalle quali non è possibile derogare; l'applicazione costante, iniziale, di queste regole, diverrà in seguito, con l'esercizio pratico, istintiva e abituale, così come avviene per l'uso delle valvole elettroniche o di altri componenti radioelettrici.

IL PROBLEMA DELLA TEMPERATURA

La temperatura eccessiva, che può svilupparsi internamente al transistor, oppure esternamente ad esso, può essere causa di malanni; essa può danneggiare irreparabilmente il transistor, oppure alterarne le caratteristiche elettriche.
L'aumento di temperatura nel corpo del transistor può essere determinato da cause meccaniche esterne o da cause elettriche.
Tra le cause esterne ricordiamo la saldatura non eseguita secondo le regole normali e la temperatura ambiente più alta del normale.
Tra le cause elettriche ricordiamo le errate tensioni applicate agli elettrodi del transistor stesso. Quando si applica un transistor in un circuito, bisogna fare in modo che esso rimanga lontano da parti o componenti soggetti a riscaldamento eccessivo (valvole elettroniche, resistenze di dissipazione, trasformatori, ecc.).

Per non danneggiare con la punta del saldatore i transistor al germanio, occorre che la temperatura del componente non superi i 50°; per i transistor al silicio il limite di guardia raggiunge gli 80°. In ogni caso, per evitare che il calore generato dal saldatore danneggi il transistor durante le operazioni di saldatura dei terminali al circuito, occorre operare il più velocemente possibile, facendo impiego di un saldatore ben caldo, con punta sottile priva di ossido e ricoperta di stagno.
I terminali dei transistor, quando essi vengono direttamente collegati al circuito, cioé quando non si fa impiego di zoccolo portatransistor, debbono essere lasciati con la massima lunghezza possibile e debbono essere protetti con tubetti isolati, allo scopo di evitare contatti interelettronici e con altri componenti. Quando si riscalda il terminale di un transistor si deve provvedere a disperdere il calore stringendo il terminale stesso fra i becchi di una pinza metallica; operando in questa maniera il calore non raggiunge il transistor, perché viene disperso nella massa metallica della pinza.
Talvolta il transistor può essere messo fuori uso dalle perdite elettriche del saldatore, nella cui punta è presente la tensione di rete.
Una massima importante, da tener sempre presente da coloro che progettano circuiti transistorizzati, è quella di evitare di far funzionare il transistor nelle condizioni di massima dissipazione, quando la temperatura ambiente è piuttosto elevata. Ad esempio, se il transistor è destinato a funzionare con una temperatura ambiente di oltre 25°, la potenza dissipata deve es-

Fig. 11 - Realizzazione pratica del semplice circuito di controllo dell'efficienza dei transistor di tipo PNP ed NPN. Su una basetta di legno, o di altro materiale isolante, vengono montati tre serrafili, ai quali viene collegato il transistor in prova. Sulle due boccole si applicano i puntali dei tester. La resistenza R1, che serve a polarizzare il transistor in prova, ha il valore di 10.000 ohm.

sere adeguatamente ridotta, e non deve assolutamente superare il valore indicato nei dati tecnici elencati dalla casa costruttrice.

PROBLEMA DEL RAFFREDDAMENTO

Il problema del raffreddamento dei transistor è risentito particolarmente in quei circuiti in cui si fa impiego di transistor di potenza, che dissipano potenze dell'ordine dei watt, anziché dei milliwatt, come avviene per gli altri tipi di transistor. Il calore, che si sviluppa internamente ai transistor, può raggiungere valori considerevoli, ma i transistor di potenza sono normalmente progettati per disperdere la maggior quantità di calore possibile.

Per ottenere il processo di dispersione del calore, si usano due sistemi diversi. Il primo consiste nella realizzazione di transistor muniti di un involucro esterno particolarmente adatto alla dispersione del calore (alette di raffreddamento). Il secondo sistema consiste nel montare il transistor in modo che il suo involucro esterno risulti in intimo contatto con il telaio metallico su cui si realizza il circuito; in tal modo il telaio funge da flangia di dispersione del calore.

Nei montaggi di tipo economico, cioé nei montaggi realizzati dai principianti, si provvede ad avvolgere i transistor con una fascetta metallica, munita di una o due alette di dispersione radiale del calore.

Negli apparati elettronici di una certa complessità, in cui sono montati molti transistor di potenza, si usa ricorrere al sistema di raffreddamento per convenzione, provocando una circolazione forzata dell'aria mediante un ventilatore sistemato in prossimità dell'apparato.

PRECAUZIONI TECNICHE

I transistor sono componenti elettronici robusti e di lunga durata, che resistono a talune sollecitazioni meccaniche ed invecchiano molto lentamente. Ma la pratica del transistor impone tutta una serie di precauzioni tecniche indispensabili se si vuole evitare di abbreviarne la vita.

1 - Devono essere evitati assolutamente i cortocircuiti fra i terminali del transistor, durante il suo funzionamento, specialmente quelli fra base e collettore; l'impiego delle pinze a bocca di coccodrillo, assai frequente e spesso utile per il riparatore, può provocare un tale cortocircuito.
2 - Non si faccia mai impiego di un saldatore di eccessiva potenza oppure caratterizzato da una disordinata dissipazione di energia termica; con il calore si rischia di modificare le caratteristiche elettriche del transistor.
3 - Non si utilizzi mai il saldatore la cui punta risulti sotto tensione di rete; è sempre consigliabile far impiego di saldatore a bassa tensione ed alimentato per mezzo di un trasformatore che lo isoli dalla tensione di rete.
4 - non si faccia mai impiego di un saldatore di tipo miniatura da alimentarsi con la stessa batteria che alimenta l'apparato in riparazione; molto spesso la punta di questi saldatori è collegata con l'avvolgimento di riscaldamento. Quando si opera su un ricevitore di tipo autoradio, per esempio, può capitare di essere tentati di collegare il saldatore sull'accumulatore che alimenta il ricevitore stesso; si rischia, in tal caso, di dover sostituire completamente i condensatori elettrolitici e i transistor del ricevitore!
5 - Si faccia sempre attenzione a non scambiare tra loro le polarità della pila.
6 - Si faccia attenzione alle eventuali interruzioni degli avvolgimenti dei trasformatori intertransistoriali; nel momento dell'interruzione dell'avvolgimento, si produce una tensione istantanea molto elevata (sovratensione) che può portare il transistor alla sua completa distruzione.
7 - Le misure di tensione vanno effettuate con strumento a bassa impedenza, preferendo i tester a 20.000 ohm/volt e, se possibile, quelli a 40.000 ohm/volt.
8 - Si faccia attenzione alle tensioni troppo elevate nel caso di alimentazione da rete-luce.
9 - Non si sbagli mai il montaggio di un transistor, scambiando tra loro i terminali.

7.

SPECIALE DIDATTICA

AMPLIFICAZIONE BF A TRANSISTOR

Tutti i progettisti, quando intendono schematizzare un transistor, in modo da poter effettuare calcoli precisi, fanno ricorso a taluni circuiti, chiamati « circuiti equivalenti del transistor », che rappresentano un insieme di resistenze, condensatori, generatori di correnti e tensioni che, opportunamente collegati, simulano il funzionamento del transistor stesso. Ma la schematizzazione di chi progetta non può semplificare per noi il dialogo tecnico con il lettore. Esso introdurrebbe notevoli complicazioni, senza offrire un'idea chiara e semplice del preciso funzionamento di un transistor amplificatore in bassa frequenza. Ecco perché abbiamo preferito ricorrere, almeno in questa sede, ad una schematizzazione priva di ogni rigore matematico, ma in grado di fornire ai principianti quelle idee necessarie per muovere i primi passi nel settore della transistorizzazione.

Per semplificare il più possibile il linguaggio tecnico, abbiamo voluto simboleggiare il transistor con un potenziometro, il cui funzionamento è noto a tutti. Infatti, la rotazione del perno del potenziometro, nel nostro caso, simboleggia il flusso di corrente sulla base del transistor; tanto maggiore è la rotazione del cursore del potenziometro, tanto più elevata è l'intensità di corrente assorbita dalla base del transistor; conseguentemente risulterà tanto minore la resistenza sugli estremi del potenziometro, che simboleggiano il collettore e l'emittore del transistor.

Con questo sistema, inserendo il transistor in un circuito come quello rappresentato in figura 1 e misurando la tensione fra collettore ed emittore, si otterrà un valore di tensione proporzionale alla resistenza del potenziometro immaginario e dipendente dalla corrente di base.

Ruotando di poco il potenziometro si avrà una debole corrente di base ed un elevato valore di resistenza fra collettore ed emittore; la tensione misurata fra collettore ed emittore del transistor risulterà assai elevata così come schematizzato nel

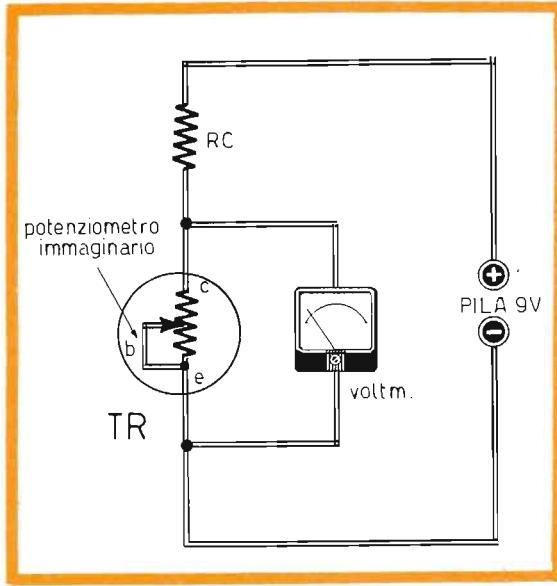
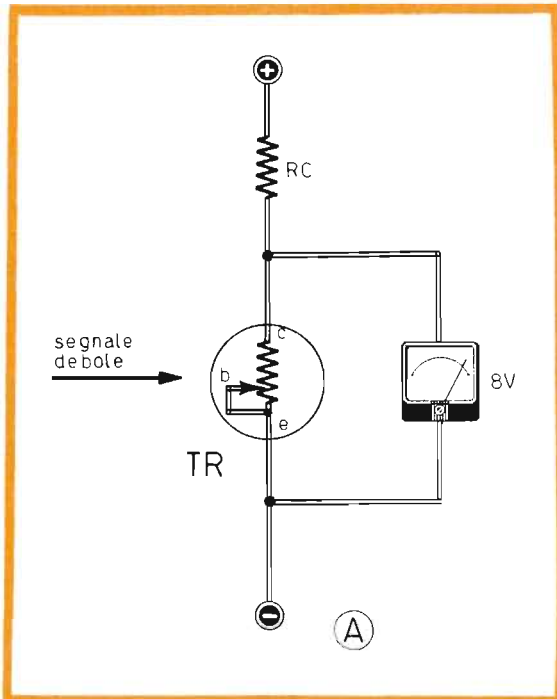
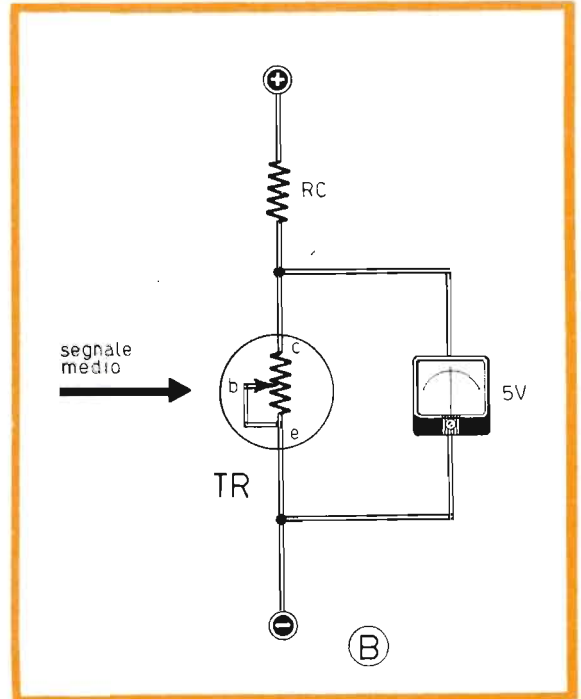



Fig. 1 - Per semplificare il concetto di transistor amplificatore, abbiamo sostituito questo elemento con un potenziometro immaginario. La rotazione del perno del potenziometro simboleggia la variazione di flusso di corrente sulla base del transistor.

Fig. 2A - Ruotando di poco il cursore del potenziometro immaginario, si otterrà una debole corrente di base ed un elevato valore di resistenza fra collettore ed emittore, con una conseguente elevata tensione fra questi due elettrodi.

circuito di figura 2 A.
Ricordiamo che sulla resistenza RC, realmente esistente, perché rappresenta il carico del transistor, si ottiene una tensione di valore pari a quello della tensione totale di alimentazione del circuito, diminuita dalla tensione di caduta sul transistor.
Gli schemi delle figure 2B - 2C dimostrano invece che l'aumento della corrente di base provoca una diminuzione progressiva della tensione sui terminali del transistor.

INVERSIONE DEL SEGNALE

Dagli esempi fin qui illustrati è facile comprendere come il transistor, montato in circuito con emittore a massa, inverta il segnale proveniente dalla base. Infatti, ad ogni aumento di corrente di base corrisponde una diminuzione della tensione di collettore; quindi, se il segnale applicato all'entrata fosse di tipo variabile, composto rispettivamente da un aumento, una diminuzione, un aumento ed ancora una diminuzione di tensione, sul collettore, oltre che un aumento dell'ampiezza del segnale (amplificazione), si otterreb-

Fig. 2B - Ad un aumento della corrente di base corrisponde una diminuzione progressiva della tensione sui terminali di emittore-collettore.

be anche una inversione del segnale (sfasamento di 180°), così che il segnale risulterebbe composto da una diminuzione, un aumento, una diminuzione ed infine un aumento del segnale stesso.

TRE ZONE DI FUNZIONAMENTO DEL TRANSISTOR

Quando un transistor viene montato in un qualsiasi circuito, esso può funzionare in tre « zone » diverse; cioé può trovarsi all'interdizione, in zona lineare o in saturazione.
Vediamo ora di chiarire questi tre concetti fondamentali che permettono di comprendere il funzionamento degli apparati elettronici.
Si dice che un transistor è « interdetto », oppure si trova « all'interdizione » quando, pur essendo alimentato, non permette il passaggio di alcuna corrente di collettore.
Conseguentemente, facendo riferimento allo schema riportato in figura 3, dato che a causa della corrente nulla non esiste alcuna caduta di tensione sui terminali della resistenza RL, tutta la tensione verrà concentrata sui terminali del transistor.
Un transistor può essere portato a funzionare in regione di interdizione attribuendo alla base il potenziale 0 V rispetto all'emittore, cioé cortocircuitando base ed emittore del transistor stesso.
Una situazione simile all'interdizione si può avere nei transistor al silicio, lasciando libera la base, in quanto la corrente di « perdita » del transistor risulta in questo caso talmente piccola da poter essere ritenuta praticamente nulla. Questa zona di funzionamento non è assolutamente utilizzabile per la realizzazione di circuiti amplificatori, perché provoca notevoli distorsioni del segnale. Essa viene utilizzata per la realizzazione dei circuiti a scatto, largamente impiegati nell'elettronica professionale ed industriale.

LA ZONA LINEARE

La zona lineare di funzionamento di un transistor è quella che maggiormente interessa l'amplificazione di segnali, perché le buone amplificazioni si ottengono con segnali di uscita a bassa distorsione.
La zona lineare viene ottenuta polarizzando opportunamente la base del transistor, cioé invian-

Fig. 2C - Annullando la resistenza del potenziometro immaginario, la corrente di base assume il suo massimo valore; contemporaneamente la tensione sui terminali di emittore-collettore raggiunge il valore minimo.

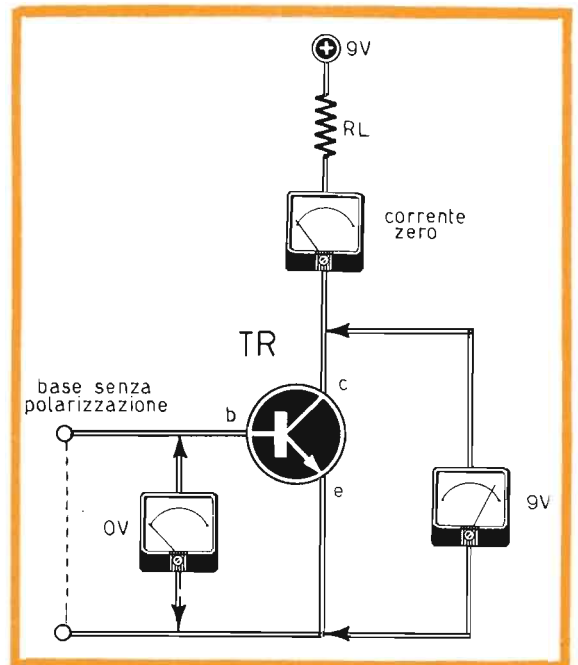
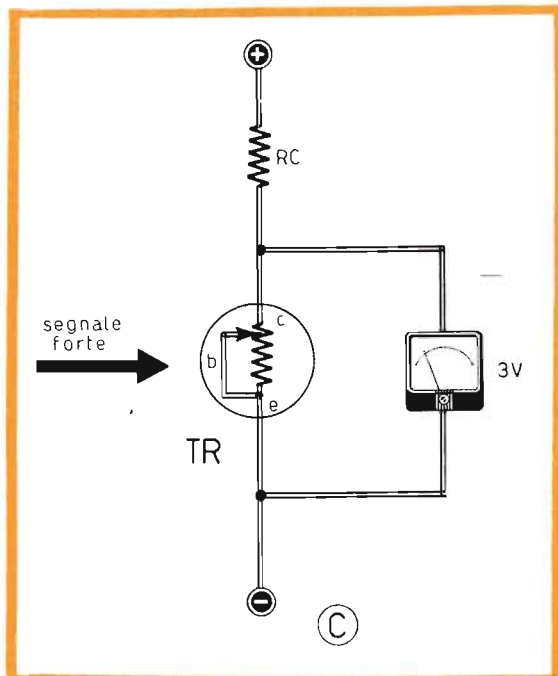



Fig. 3 - In assenza di polarizzazione di base, cioé in presenza di corrente nulla di base, non esiste alcuna caduta di tensione sui terminali della resistenza RL, mentre tutta la tensione risulta concentrata sui terminali di emittore-collettore.

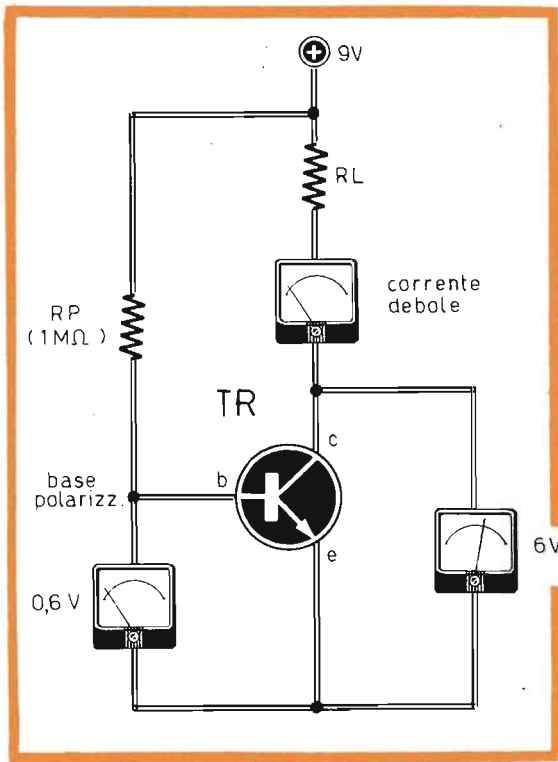



Fig. 4 - La zona lineare di funzionamento di un transistor interessa maggiormente l'amplificazione di segnali. Essa viene ottenuta polarizzando opportunamente la base del transistor, cioé inviando alla base una certa corrente che attraversa la resistenza di polarizzazione RP.

do alla sua base una certa corrente che ,in figura 4, attraversa la resistenza di polarizzazione RP; questa corrente deve assumere un valore tale da permettere, a sua volta, il flusso di una certa corrente attraverso il collettore.
La corrente di polarizzazione può variare, in assenza di segnali, di qualche decimo di milliampere nei transistor a bassissima dissipazione, mentre può variare di qualche decina di milliampere negli stadi finali audio di potenza. Naturalmente la tensione tra collettore ed emittore assumerà un valore intermedio rispetto a quello della tensione di alimentazione, mentre la tensione di base, nei transistor al silicio, risulterà di 0,6 V circa, in quasi tutte le condizioni di impiego del transistor; nei transistor al germanio la tensione di base risulterà di 0,2 V.

ZONA DI SATURAZIONE

Analizziamo ora la terza zona di funzionamento del transistor: quella di saturazione, corrispondente ad una resistenza quasi nulla del potenziometro immaginario.
In queste condizioni la tensione sui terminali del transistor risulta di pochi decimi di volt (ad esempio 0,2 V), mentre la corrente che attraversa il circuito dipende essenzialmente dal valore della resistenza di carico RL.
Per condurre un transistor alla saturazione, occorre fornire alla sua base una corrente relativamente intensa, cioé tale da abbassare la tensione fra collettore ed emittore ai valori prima citati. Si noti che la tensione base-emittore, in questo caso, non differisce sostanzialmente dal valore di 0,6 - 0,8 V.

POTENZA DEI TRANSISTOR

Quando si parla di un transistor, capita spesso di citare il valore della tensione massima tra collettore ed emittore e quello della corrente massima di collettore.
Si è così portati a considerare la potenza massi-

Fig. 5 - Questo schema permette di analizzare la zona di saturazione del transistor, quella corrispondente ad una resistenza quasi nulla del potenziometro immaginario. La tensione di emittore-collettore è di pochi decimi di volt; la tensione base-emittore non differisce sostanzialmente dal valore di 0,6 - 0,8 V.

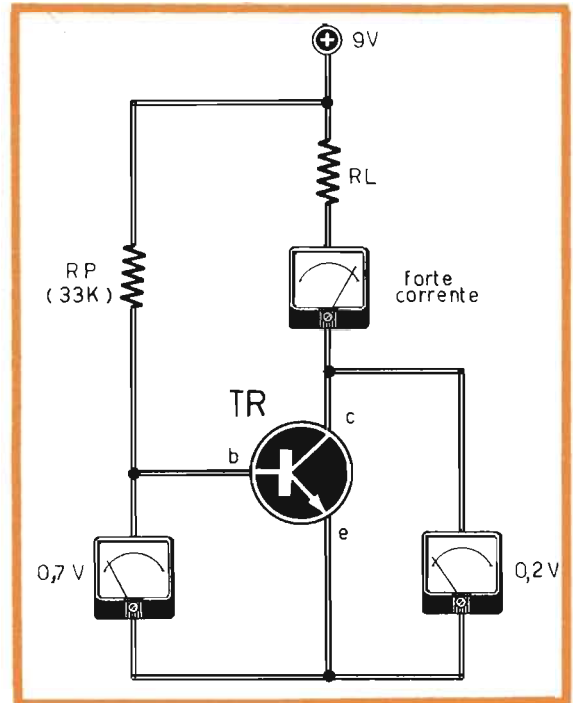
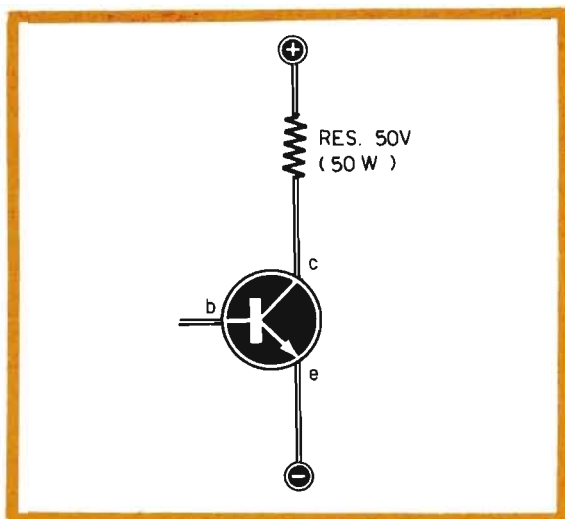
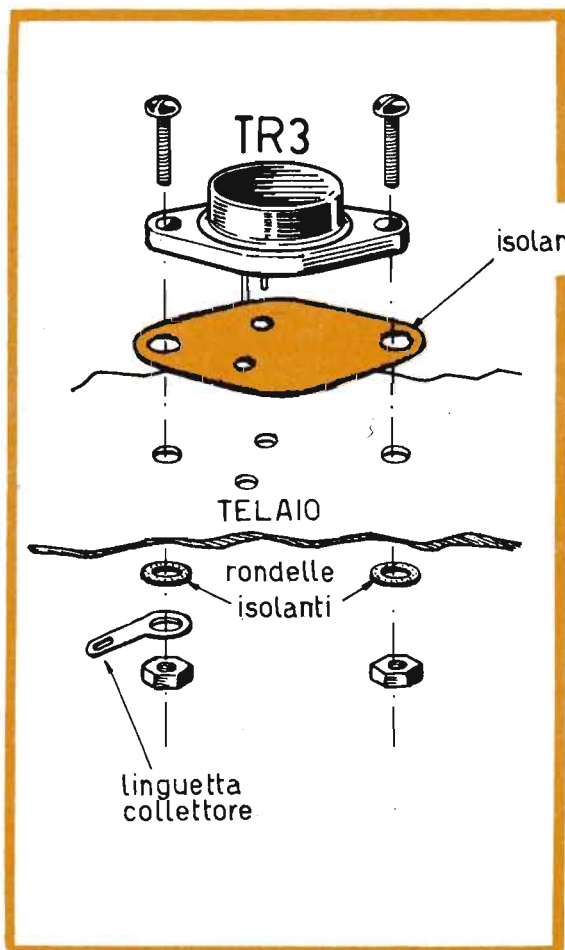



Fig. 6 - Il valore della potenza dissipabile da un transistor non deve essere confuso con quello della massima potenza dissipata dal carico del transistor stesso. L'analisi di questo circuito permette di interpretare in qual modo sia possibile alimentare un carico di 50 W.

ma dissipabile dal componente stesso, considerata come il prodotto di queste due grandezze, secondo la ben nota formula:

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max}$$

Ma con questo concetto si commetterebbe un grosso errore, perché in un transistor, ad esempio, di tipo 2N1711 si ha: Vcc = 50 V e Ic = 1 A, mentre il valore massimo della potenza dissipabile non è quello ottenuto applicando la formula or ora citata, cioé 50 x 1 = 50 W, bensì quello di soli 3 W. Ciò significa che non si può far funzionare un transistor utilizzando i valori di corrente e tensione rappresentanti i limiti massimi, ma occorerà fare in modo che, caso per caso, il prodotto V x I risulti inferiore ai 3 W.

Utilizzando quindi una tensione di 50 V, la massima corrente che potrà interessare il transistor sarà di 0,06 A (50 V x 0,06 A = 3 W), mentre con una corrente di 1 A non si dovrà superare la tensione Vce di 3 V (3V x 1 A = 3 W). Il valore di potenza dissipabile dal transistor non deve, tuttavia, essere confuso con quello della massima potenza dissipata dal carico del transistor. Infatti, facendo riferimento al disegno di figura 6, dimostreremo ora in qual modo, con il transistor precedentemente citato, sia possibile alimentare anche un carico di 50 W. Infatti, se la tensione di alimentazione assume il valore di 50 V e il transistor vien fatto funzionare come un semplice interruttore elettronico, sfruttando cioé le zone di interdizione e saturazione, avviene che, con il transistor all'interdizione, la tensione sui suoi terminali è di 50 V; ma essendo nulla la corrente di collettore, il transistor può tranquillamente sopportare le condizioni di lavoro citate. Quando, al contrario, il transistor si trova in saturazione, nel carico scorre una corrente di 1 A (50 W : 50 V = 1 A); e poiché la tensione fra collettore ed emittore è di soli 0,2 V, circa, la potenza dissipata dal transistor risulta di 0,2 V x 1 A = 0,2 W, cioé perfettamente sopportabile dal transistor stesso.

Occorrerebbe aggiungere ai valori citati quello della potenza dissipata per effetto della corrente di base del transistor; ma poiché questa può es-

Fig. 7 - Piano di montaggio di un transistor di potenza su telaio metallico. In questi tipi di transistor il collettore è rappresentato dall'intero involucro esterno del componente. Quando questo non è collegato a massa, deve essere isolato dal telaio per mezzo di un foglio di mica e di rondelle isolanti.

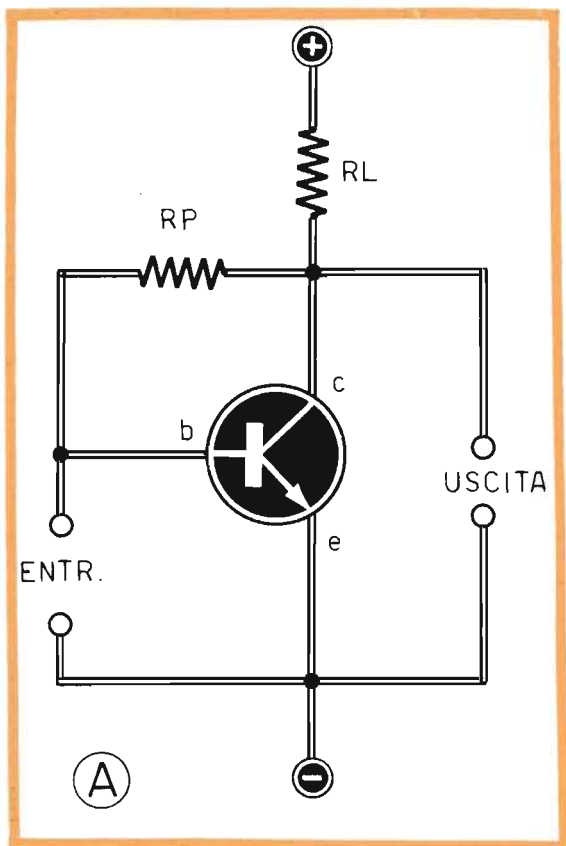



Fig. 7A - Circuito con emittore a massa, denominato anche circuito con emittore comune.

sere abbondantemente valutata nella misura di 1/10 della potenza precedentemente dissipata (0,02 W), è ovvio che ciò non introduce sostanziali cambiamenti.

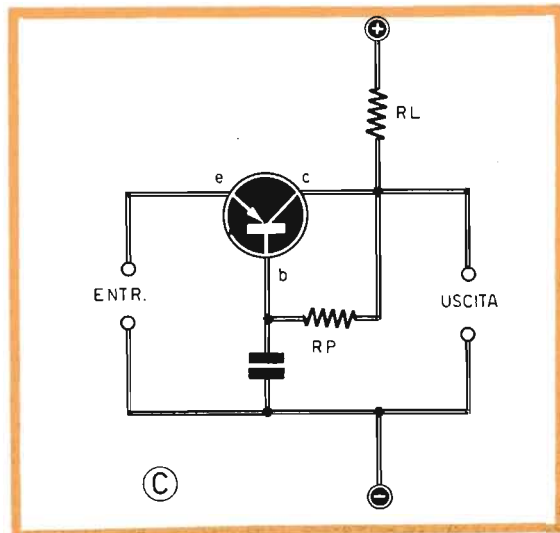
AMPLIFICATORE CON EMITTORE A MASSA

Come è noto, il transistor è un componente elettronico destinato a funzionare essenzialmente in qualità di elemento amplificatore. Ma per poter svolgere questa funzione, il transistor deve essere montato, nei vari circuiti, secondo opportuni criteri.

In pratica esistono tre sistemi fondamentali con i quali solitamente vengono montati i transistor amplificatori. Essi sono: circuito con emittore a massa, circuito con collettore a massa, circuito con base a massa.

Con il termine « massa » non si vuol dire che il terminale del transistor, emittore-collettore-base,

Fig. 7B - Transistor montato in circuito con collettore a massa. Questa configurazione è anche nota con le seguenti terminologie: collettore comune - emitter follower - inseguitore d'emittore.

Fig. 7C - Transistor montato in circuito con base a massa. Permette di ottenere una notevole amplificazione di tensione.

debba essere praticamente collegato con il circuito di massa dell'apparato elettronico, ma si vuol precisare che il punto del circuito, nel quale viene collegato l'elettrodo del transistor, abbia, anche in presenza di segnale, una tensione rigorosamente fissa rispetto a uno qualsiasi dei terminali delle linee di alimentazione. Per esempio, con il termine « massa » si possono indicare, indifferentemente, la linea negativa o quella positiva del circuito di alimentazione e, più in generale, tutti quei punti del circuito elettronico che risultano collegati con i vari punti di alimentazione tramite condensatori di capacità relativamente elevata o diodi zener.

Dopo aver chiarito questo importante concetto, possiamo analizzare la prima configurazione circuitale di un transistor amplificatore, quella del circuito con emittore a massa rappresentata in figura 7 A.

Il transistor con emittore a massa rappresenta il tipo di collegamento più comune e familiare a tutti i lettori per ottenere uno stadio amplificatore a semiconduttore.

Questo tipo di circuito permette di ottenere, rispetto agli altri circuiti, la massima amplificazione di potenza, dato che il segnale di entrata viene amplificato sia in tensione sia in corrente.

Il circuito presenta una impedenza di entrata di valore relativamente basso, aumentabile tramite l'inserimento di una resistenza collegata in serie con l'emittore; l'impedenza d'uscita è pari o press'a poco pari al valore della resistenza di carico RL.

AMPLIFICATORE CON COLLETTORE A MASSA

Il circuito riportato in figura 7 B propone lo schema di montaggio di un transistor con collettore a massa. Questa configurazione è anche nota con terminologie diverse (collettore comune - emitter follower - inseguitore d'emittore, ecc.).

Questo circuito amplificatore non amplifica in pratica il segnale, almeno per quel che riguarda la tensione del segnale stesso; esso serve invece come stadio separatore-adattatore, in quanto dotato di un'impedenza di ingresso molto elevata e di un'impedenza d'uscita assai bassa. Il transistor con collettore a massa permette di non sovraccaricare la sorgente del segnale e disporre all'uscita di un segnale di pari tensione ma assai più potente.

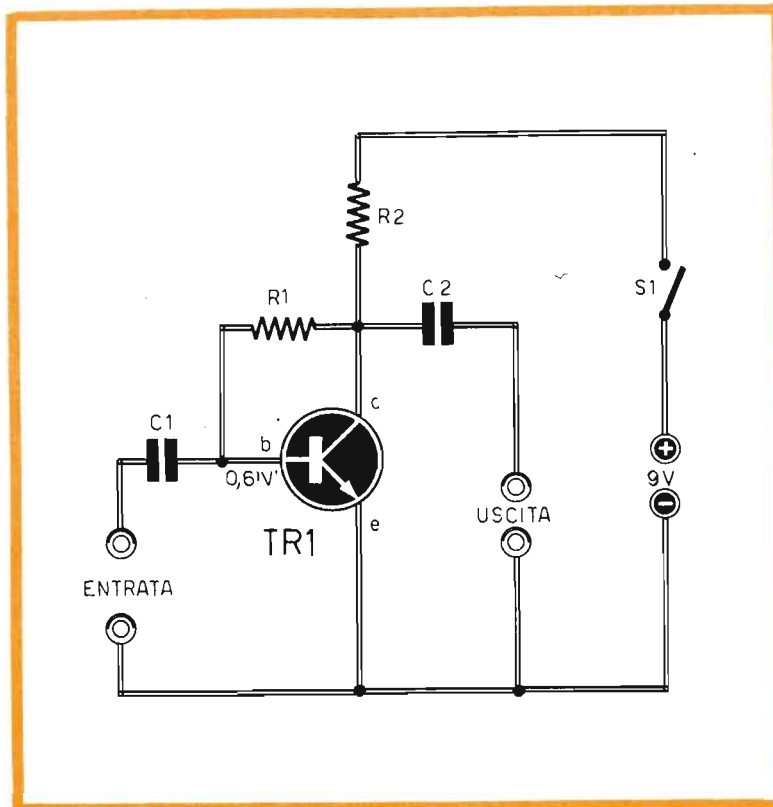



Fig. 8 - Esempio di circuito di uno stadio preamplificatore pilotato da un transistor NPN con emittore a massa. La resistenza R1 rappresenta la resistenza di polarizzazione, mentre la R2 assume le funzioni di resistenza di carico.

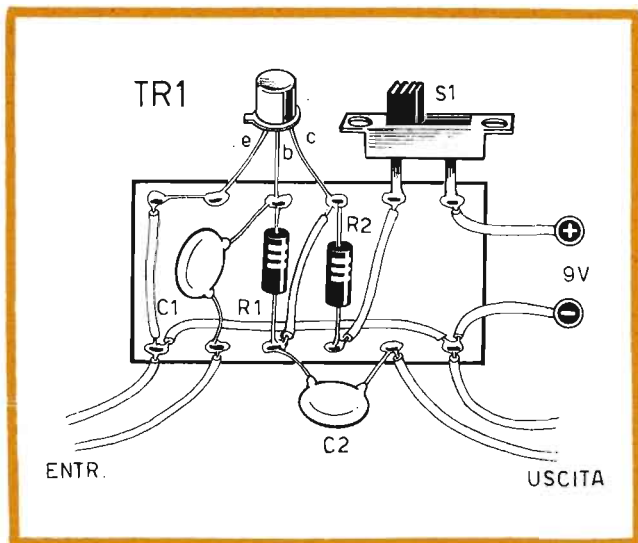



Fig. 9 - La realizzazione del preamplificatore di bassa frequenza, pilotato a transistor con emittore a massa, deve essere racchiusa in un contenitore metallico collegato con la linea di massa.

AMPLIFICATORE CON BASE A MASSA

La terza configurazione del transistor amplificatore è quella del suo collegamento con base a massa, così come rappresentato in figura 7 C. Con questo tipo di circuito è possibile ottenere una notevole amplificazione di tensione, mentre quella di corrente è pari all'unità (circa).

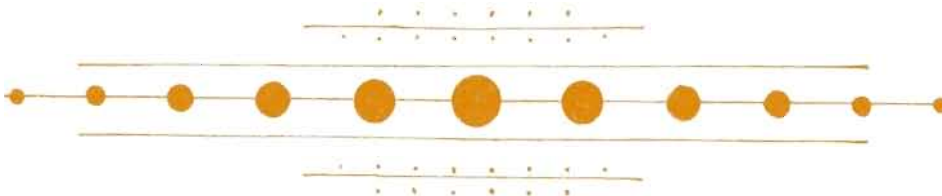
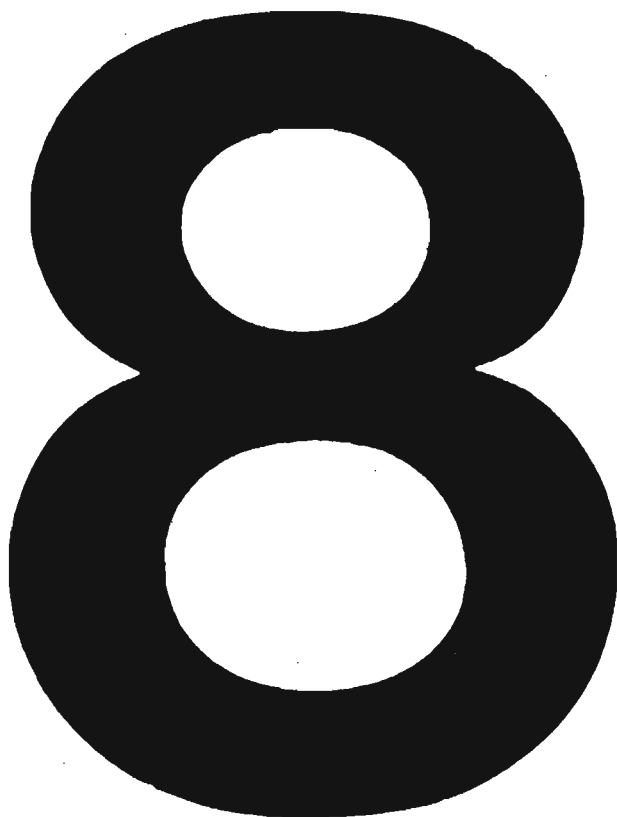
Il circuito con base a massa si presta assai bene alle funzioni di circuito elevatore di impedenza, oppure di adattatore di impedenza per microfoni dinamici o altoparlanti utilizzati in veste di microfoni.

ESEMPIO DI PREAMPLIFICATORE BF

Tutte le nozioni teoriche fin qui citate permettono al lettore di comprendere l'esatta funzione di tutti gli elementi che compongono un semplice circuito preamplificatore di bassa frequenza.

Il circuito rappresentato in figura 8 è quello di uno stadio amplificatore pilotato da un transistor NPN con emittore a massa (emittore comune); la resistenza R1 rappresenta la resistenza di polarizzazione, cioé la resistenza che permette di far funzionare il transistor in zona lineare. La resistena R2 assume le funzioni di resistenza di carico. I condensatori C1 - C2, presenti all'entrata e all'uscita del circuito hanno il compito di isolare la componente continua del segnale, permettendo così il collegamento del preamplificatore sia con amplificatori con tensione negativa a massa, sia con amplificatori con tensione positiva a massa.

In figura 9 è rappresentata la realizzazione sperimentale del circuito del preamplificatore, che deve essere racchiusa in un contenitore metallico collegato con la linea di massa. I conduttori di entrata e di uscita debbono essere ottenuti con cavetto schermato.

SPECIALE DIDATTICA

CIRCUITI ANTENNA - TERRA

Le onde radio, che sono onde elettromagnetiche, per poter essere captate necessitano di un elemento che tutti noi conosciamo e che viene denominato « antenna ».
Si tratta di un elemento meccanico che ... fiorisce sui tetti delle nostre case e che permette a tutti noi di ascoltare e di vedere ciò che si dice e ciò che avviene in ogni parte del mondo.
L'antenna quindi può definirsi una stazione di arrivo per le onde radio, prima di trasformarle in voci, suoni, comandi o segnalazioni percepibili dai nostri sensi.
Ma questa stazione di arrivo non sempre ci appare sotto l'aspetto di un filo teso fra due supporti installati sul tetto o in forma di asta metallica affusolata ad una estremità o recante un certo numero di sbarrette metalliche in posizione orizzontale; l'antenna può anche non vedersi ed il nostro apparecchio radio funzionare ugualmente bene. Il merito di tutto ciò va attribuito al progresso della tecnica che è riuscita a ridurre le dimensioni e la forma delle grandi antenne, di una quarantina di anni fa, al punto di... occultare l'antenna ricevente dentro lo stesso contenitore dell'apparecchio radio. Dunque, anche se l'antenna non è visibile, essa esiste sempre e può essere rappresentata da un corto spezzone di filo, da un elementare avvolgimento o da un componente di recente costruzione, che prende il nome di ferrite.

FREQUENZA E LUNGHEZZA D'ONDA

Le onde radio, come ogni altra grandezza fisica, sono suscettibili di misura, anche se esse non si vedono. Ma anche il tempo non si vede, eppure lo si misura, e la sua unità di misura è il minuto secondo. Dunque, come per le lunghezze l'unità di misura è il centimetro, per i pesi il grammo

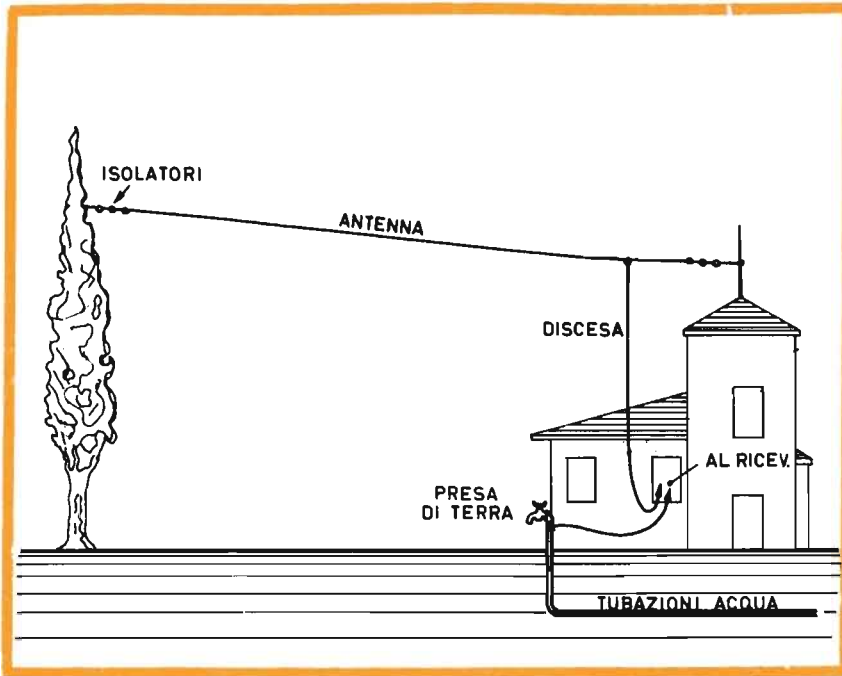



Fig. 1 - Questa è da considerarsi l'installazione ideale di un'antenna di tipo Marconi. Il filo conduttore, rappresentato da una trecciola di fili di rame, deve rimanere teso nella posizione più alta possibile; in ogni caso è sempre da preferirsi una disposizione verticale. Gli isolatori debbono essere di ottima qualità per evitare dispersioni di energia elettromagnetica verso terra. La lunghezza complessiva della antenna deve essere pari ad 1/4 d'onda. Se la discesa è realizzata con cavo schermato, si evitano gli impulsi spuri, mentre la discesa non deve essere compiuta nel calcolo della lunghezza dell'antenna. Se la discesa è ottenuta con filo nudo, questa dovrà essere considerata come parte integrante dell'antenna e conteggiata nella lunghezza complessiva. La presa di terra si ottiene sfruttando le condutture dell'acqua.

Fig. 2 - Pur allontanandosi di molto dalle condizioni ideali, anche una semplice trecciola di fili di rame, ancorata al balcone del piano superiore, può rappresentare un'antenna in grado di fornire risultati soddisfacenti.

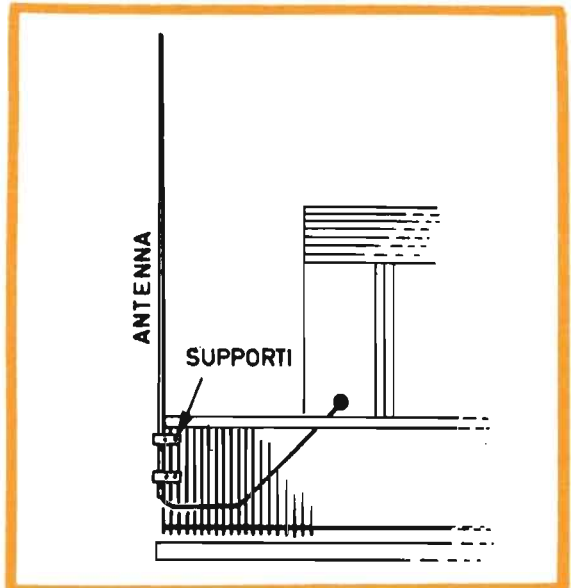
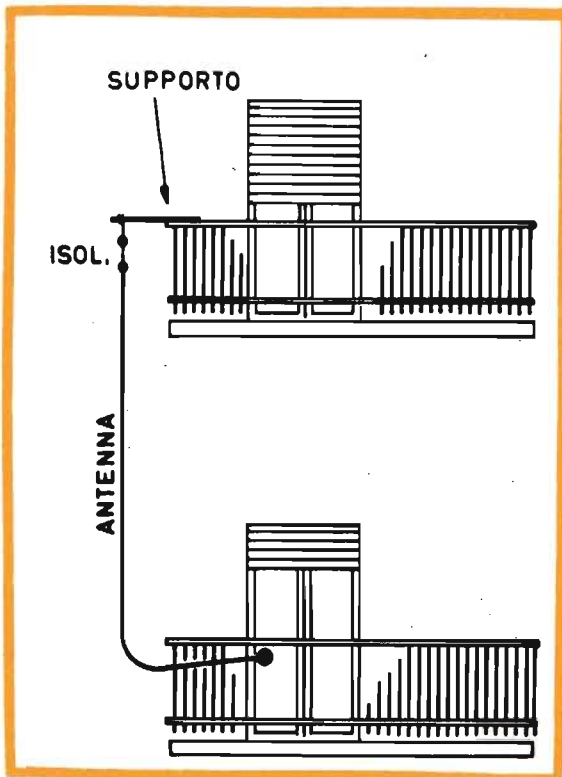



Fig. 3 - Un sistema originale, ma pratico, per costruire un'antenna, cava, nella cui base interna vien fatto passare un filo di rame flessibile, in grado di seguire, senza rompersi, le eventuali oscillazioni dell'antenna in presenza di raffiche di vento. La lunghezza ideale per questo tipo di antenna deve essere compresa fra i due e i tre metri.

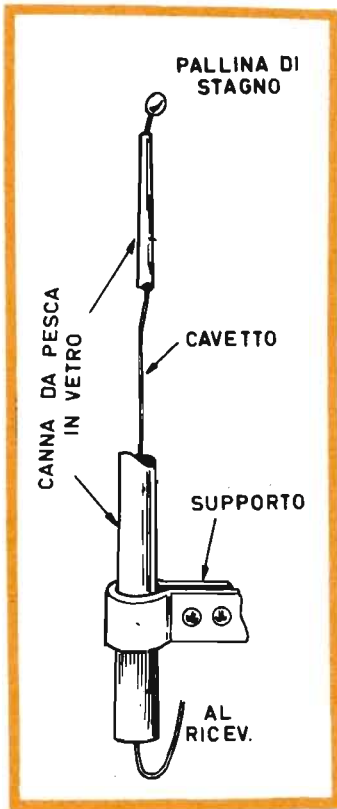



Fig. 4 - Particolare del sistema di fissaggio dell'antenna rappresentata in figura 3. Sulla parte superiore del conduttore è presente una pallina di stagno, che impedisce lo sfilamento del cavetto lungo il supporto in vetro-resina.

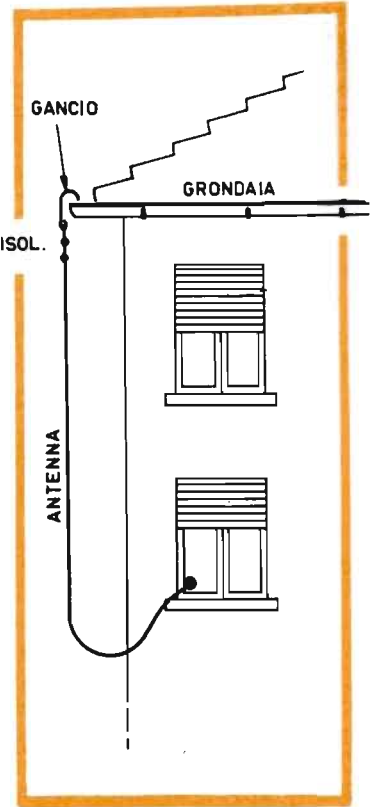



Fig. 5 - Questo tipo di antenna offre generalmente buoni risultati, dato che la sua installazione è la più elevata possibile. L'ancoraggio deve essere tale da impedire ogni contatto del conduttore con la grondaia, soprattutto in presenza di vento. L'isolamento è realizzato nella parte superiore, ma esso può essere effettuato anche nella parte inferiore.

e per il tempo il secondo, anche per le onde radio è stata stabilita l'unità di misura anzi ne sono state stabilite due: il metro e l'hertz. E fra queste due unità di misura vi è una stretta relazione, la cui interpretazione scaturisce dall'analisi fisica delle onde radio.

In ogni caso si può anticipare fin d'ora che il metro misura la lunghezza dell'onda radio, mentre l'hertz ne misura la frequenza, cioé il numero di onde nell'unità di tempo.

Per semplificare le cose, l'onda radio può essere considerata come una sinusoide viaggiante nello spazio, la cui lunghezza d'onda, cioé lo spazio necessario per due semionde (positiva e negativa), dipende dalla frequenza dell'onda radio, oltre che dalla velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche dell'aria, che si aggira intorno ai 300.000 Km/sec. Più precisamente, la lunghezza d'onda, viene determinata applicando la seguente formula:

$$\lambda = \frac{F}{3}$$

in cui λ rappresenta la lunghezza d'onda misurata in metri, mentre F rappresenta il valore della frequenza valutata in MHz.

Fig. 6 - Tra i sistemi di installazione esterna dell'antenna, questo è il meno consigliabile nei centri cittadini, perché raccoglie facilmente tutti i disturbi radioelettrici provocati da tram, auto, officine ecc., che si riflettono negativamente sulle audizioni radio. In luoghi isolati, invece, questo tipo di antenna è da consigliarsi per la sua semplicità e la facile installazione.

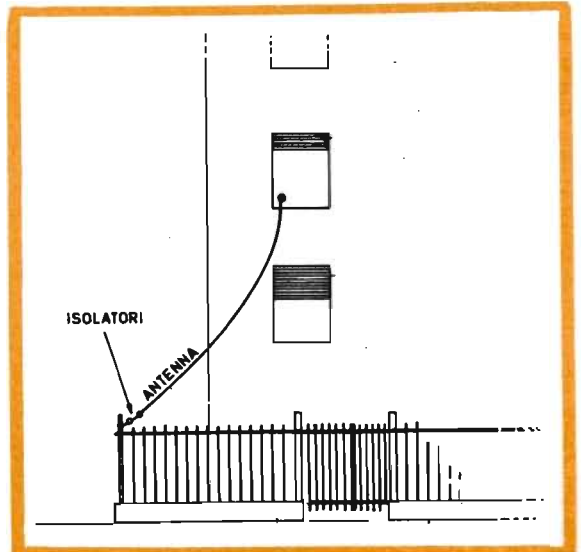
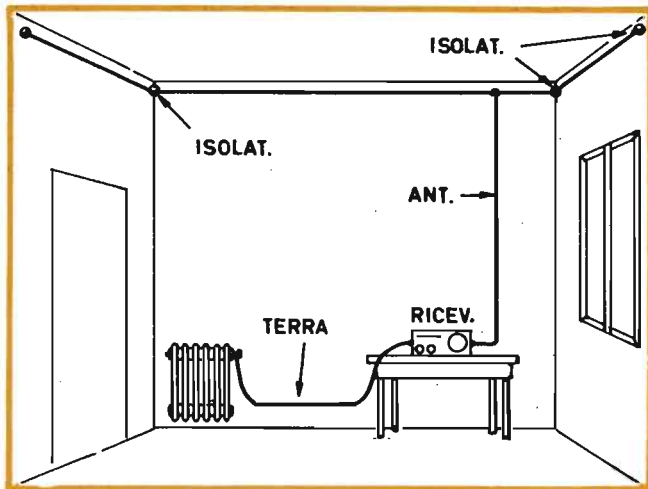



Fig. 7 - Capita molto spesso, specialmente in città, di trovarsi nell'impossibilità di installare un'antenna esterna. In questi casi si può ricorrere all'installazione di un filo teso fra quattro isolatori, lungo gli angoli superiori delle pareti. Ovviamente i risultati saranno inferiori a quelli ottenuti con un'antenna di pari dimensioni, montata all'esterno, in posizione elevata. La presa di terra può essere ottenuta ricorrendo alle tubature del termosifone.

ANTENNE HERTZIANE E MARCONIANE

Le antenne, siano esse riceventi o trasmittenti, possono dividersi in due grandi categorie: quelle Hertziane e quelle Marconiane.
Le prime, di cui l'esempio più classico è rappresentato dal dipolo, sono composte da due fili conduttori uguali, tesi orizzontalmente o verticalmente, la cui lunghezza complessiva, per ottenere i migliori risultati, deve essere a $\lambda/2$ (un mezzo d'onda). Le seconde, che costituiscono l'argomento principalmente trattato in queste pagine, sono composte da un conduttore orizzontale o verticale, oppure ripiegato ad L, per una lunghezza d'onda complessiva di $\lambda/4$ (un quarto d'onda).
L'antenna Marconiana, a differenza dell'antenna Hertziana deve essere abbinata ad una presa di terra.

Fig. 8 - Per non turbare l'equilibrio estetico dell'arredamento della casa, si può ricorrere ad una versione « occultata » dell'antenna, servendosi degli stipiti di una porta. Il collegamento di terra può essere fatto tramite il « tappo luce ».

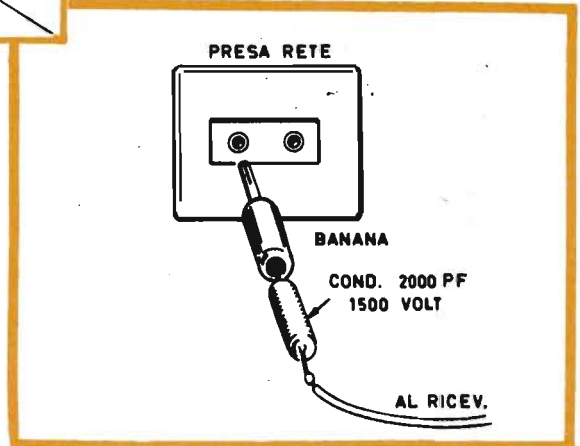
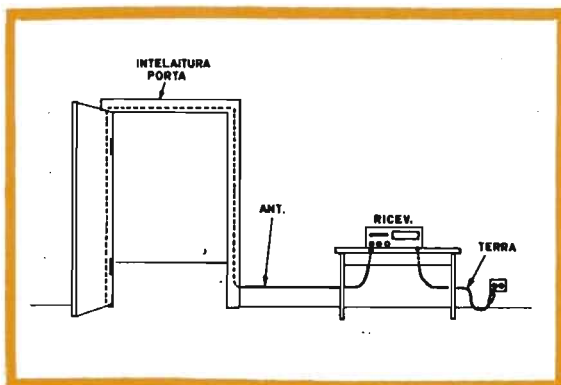



Fig. 9 - Il tappo luce consiste nell'inserimento di uno spinotto in quella boccola della presa luce in cui è collegato il « neutro » della linea di alimentazione. In serie con il conduttore si deve collegare un condensatore di 2.000 pF almeno, con isolamento a 1.500 V. Il condensatore potrà essere indifferentemente isolato a carta, mica, poliestere, ecc., è importante che il condensatore non sia un elettrolitico.

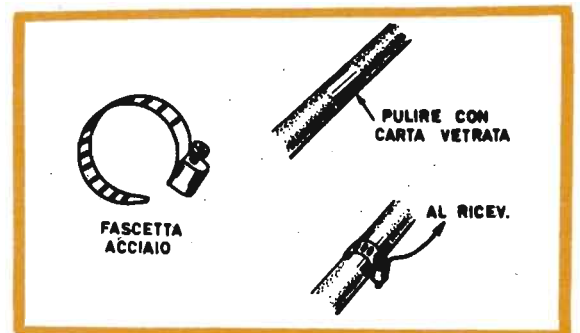



Fig. 10 - Per realizzare la presa di terra, sfruttando le condutture dell'acqua o le tubature del termosifone, occorre sempre servirsi di una fascetta di acciaio stringitubo, che permette di ottenere un ottimo contatto elettrico. Prima di fissare la fascetta occorre pulire energicamente il tubo, servendosi di tela smerigliata o carta vetrata, in modo da far apparire la lucentezza metallica della tubatura.

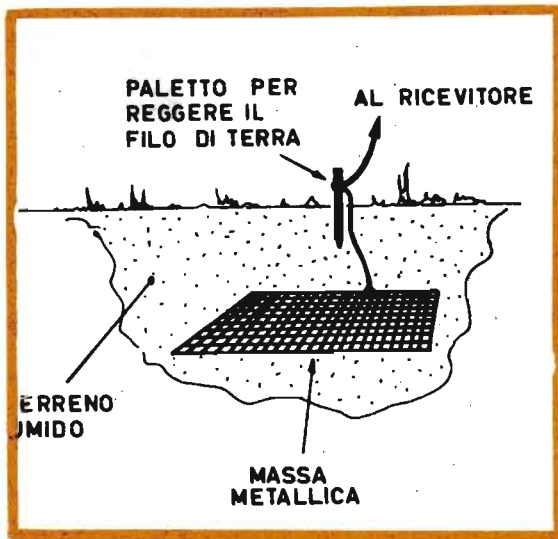
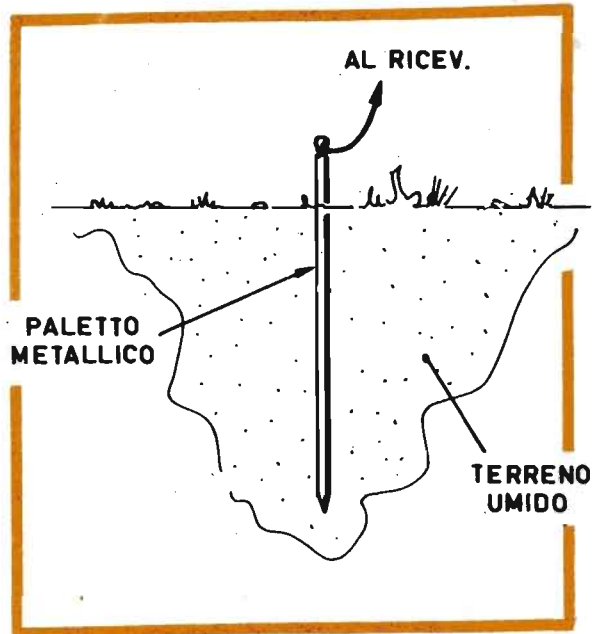



Fig. 11 - Esempio di realizzazione di «terra» per mezzo di una rete metallica affondata nel terreno. La rete deve essere interrata ad una profondità di 1-3 metri, in luogo umido e, quindi, buon conduttore. Il collegamento con la massa metallica è ottenuto per mezzo di un conduttore di rame di notevole sezione. Il paletto, affondato nel terreno, funge da supporto del conduttore che va a collegarsi con il ricevitore radio.

Fig. 12 - Questo è il tipo di presa di terra più generalmente usato negli impianti elettrici, sia per la facilità di realizzazione, sia per i buoni risultati ottenuti. Esso consiste in un paletto metallico affondato nel terreno umido. Sulla parte superiore è collegato il filo di rame che raggiunge l'apparecchio radio.

E' evidente che l'antenna Marconiana, per quanto sopra detto, risulta di lunghezza dimezzata rispetto all'antenna Hertziana. Ma questa lunghezza risulterebbe eccessiva nel caso della ricezione delle onde medie o peggio ancora, delle onde lunghe.
Facciamo un esempio: per ascoltare una emittente della frequenza di 1.200 KHz, che lavora sulle onde medie, occorrerebbe un conduttore della lunghezza di 100 metri. Fortunatamente nel settore della ricezione, è possibile diminuire, anche notevolmente, la lunghezza dell'antenna Marconiana, senza incorrere in gravi inconvenienti come, invece, succederebbe nel settore della trasmissione. La riduzione della lunghezza dell'antenna Marconiana, tuttavia, pur essendo possibile si ottiene a danno della sensibilità.

EFFETTO PELLE

Per una particolare legge fisica la corrente ad alta frequenza, che è la corrente che percorre le antenne e che è provocata dalle onde radio che investono le antenne stesse, tende a scorrere alla «periferia» del conduttore. Questo fenomeno prende il nome di effetto pelle. E in virtù di questo fenomeno l'elemento ideale per la costruzione delle antenne sarebbe il tubo. Ma il tubo non può essere adottato in pratica per la costruzione di antenne molto lunghe. Ecco perché, nella realizzazione delle antenne Marconiane si ricorre sempre alla trecciola di rame che, essendo composta da un gran numero di fili e presentando, per tale motivo una notevole estensione superficiale, può validamente sostituire un conduttore di grosso diametro quale è appunto il tubo.
In pratica conviene sempre prima dell'installazione dell'antenna, verniciare la trecciola di rame con vernici protettive allo scopo di evitare la corrosione da parte degli agenti atmosferici. Questo accorgimento deve essere adottato, ovviamente, quando l'installazione dell'antenna avviene all'esterno. Esso non è più necessario quando l'antenna viene installata negli ambienti interni, lungo le pareti di un locale o in prossimità del soffitto.

LA TERRA

Per poter disporre di un efficiente sistema di antenna ricevente, che costituisce in definitiva il miglior amplificatore di segnali di alta frequenza, è necessario, quando si installano le antenne di tipo Marconiano, disporre di una buona presa di terra. Come è noto, infatti, la terra è da ri-

tenersi un elemento buon conduttore di elettricità, non tanto per le caratteristiche elettriche di un pezzo di terreno limitato, che potrebbe risultare scarsamente conduttore, quanto per la grandezza che permette di paragonarla ad un gigantesco filo conduttore.

Per agganciarsi elettricamente a questo conduttore o come si dice più propriamente per realizzare una buona presa di terra, si possono adottare vari sistemi. Il più semplice di questi è rappresentato dal « tappo-luce ». Esso consiste nel ricorrere alla presa di terra già realizzata nelle centrali elettriche e che, attraverso i fili elettrici di distribuzione dell'energia, viene portata, indirettamente, in ogni casa. Il conduttore caratteristico della terra è noto sotto il nome di « neutro ».

Il tappo luce si ottiene ponendo in serie al conduttore elettrico un condensatore della capacità di 10.000 - 50.000 pF; l'isolamento di questo condensatore deve essere sempre superiore agli 800 V. Questo sistema di presa di terra, è tuttavia, soltanto un sistema fittizio, dato che la presenza del condensatore permette di servirsi della terra soltanto in presenza di segnali di alta frequenza. Per ottenere ottimi collegamenti di terra si può invece ricorrere alle tubature dell'acqua, accertandosi che queste non siano realizzate con raccordi di plastica che interromperebbero la continuità elettrica.

Un altro sistema per realizzare una buona presa di terra consiste nel sotterrare, in un terreno abbastanza umido, una rete o lastra metallica, di almeno 250 cm^2 di estensione, provvedendo poi ad innaffiare con acqua salata il terreno stesso, così da aumentare la conduttività.

La realizzazione di una presa di terra può essere ottenuta anche conficcando nel terreno dei paletti metallici della lunghezza di un metro, distribuendone sul terreno due o tre, alla distanza di 3-4 metri l'uno dall'altro e collegandoli poi insieme per mezzo di un grosso filo di rame.

Tutti questi tipi di prese di terra possono essere utilizzati per il collegamento a massa delle carcasse delle apparecchiature elettriche per uso domestico (frigoriferi, lavatrici, ecc.), in conformità con le vigenti norme antiinfortunistiche.

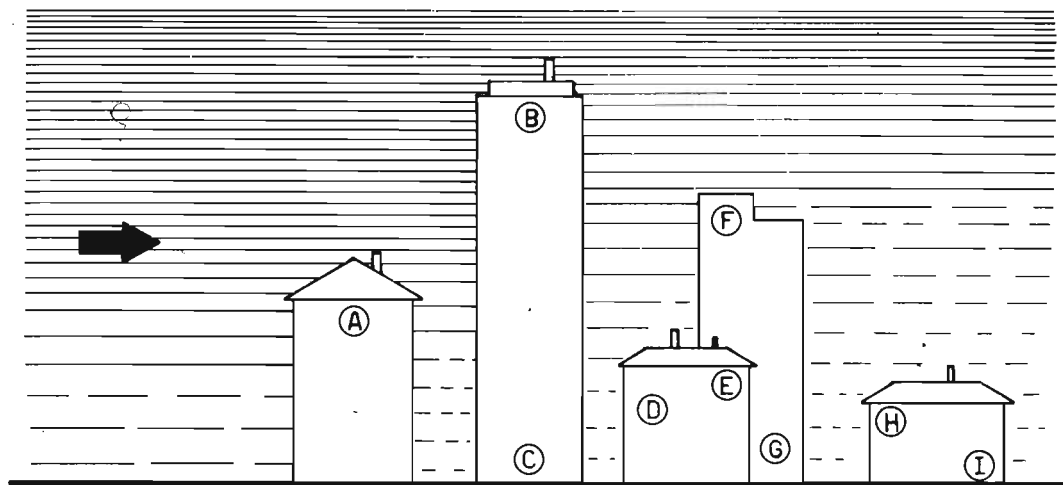



Fig. 13 - A parità di tipo di antenna e di terra, la ricezione varia notevolmente quando dall'edificio A si passa all'edificio I. La miglior ricezione è ottenuta dall'installazione della ricevente in B. Essa peggiora nel passare in A - F (buoni risultati), D - E (discreti), C - H (scarsi), G - I (risultati negativi). La freccia riportata nel disegno indica la direzione di propagazione delle onde radio. Si tenga presente che il « rumore » elettrico, prodotto da elementi di disturbo (autovetture, tram, filovie, ecc.), viene ricevuto maggiormente nelle parti basse (C - G - I), mentre è poco risentito in B. Ciò conferma ancora una volta l'utilità di un'antenna installata nella posizione più elevata possibile.

ATTENZIONE!

NON PIU'

~~671945~~

BENSI'

6891945

OFFERTA SPECIALE!

AL PREZZO D'OCCASIONE DI L. 3.000

ABBIAMO APPRONTATO, per tutti i lettori che vorranno farne richiesta, un pacco contenente i fascicoli ancora disponibili dell'annata 1972 di Elettronica Pratica (giugno - luglio - agosto - settembre - ottobre - novembre - dicembre), cioè 7 fascicoli arretrati al prezzo d'occasione di L. 3.000.

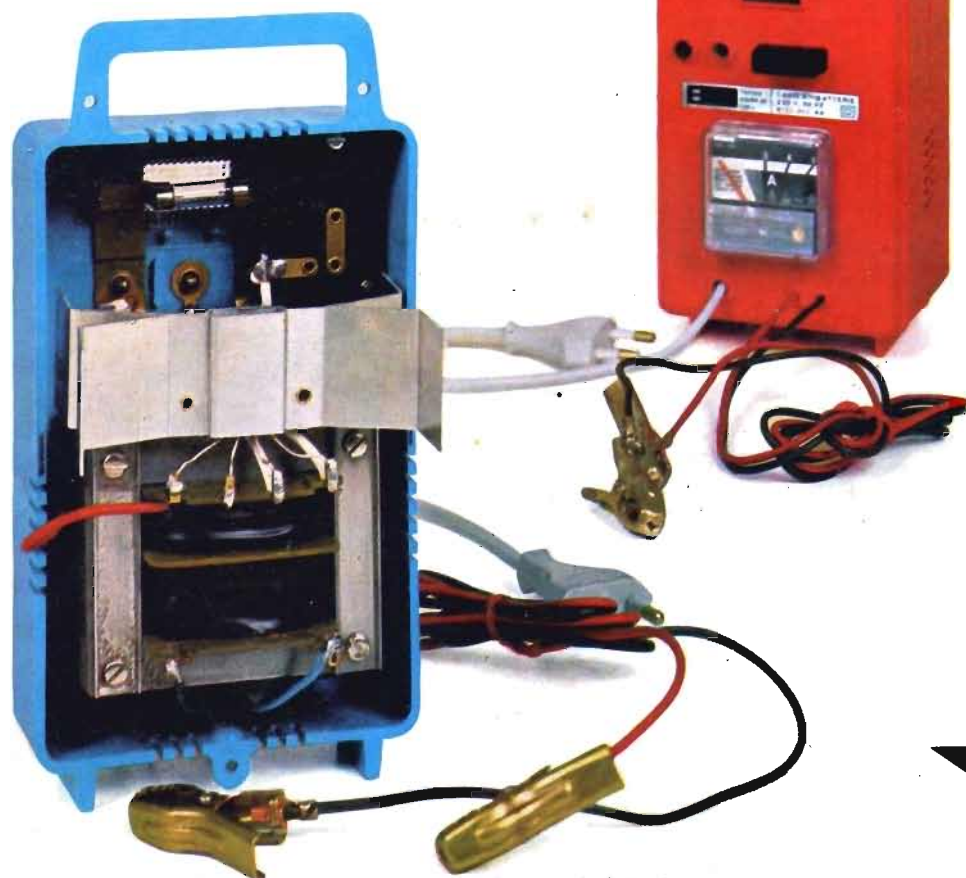
Coloro che sono già in possesso di alcuni fascicoli arretrati del '72, potranno completare la raccolta dell'annata richiedendoci i fascicoli mancanti ed inviando, per ogni fascicolo, l'importo di L. 700.

Il fascicolo arretrato non invecchia mai! Perché i progetti in esso contenuti, le molte nozioni teorico-pratiche chiaramente esposte, le illustrazioni e gli schemi presentati, rimangono sempre attuali. E concorrono certamente al perfezionamento dell'attrezzatura di base di chi desidera ottenere risultati sicuri nella pratica dell'elettronica.

RICHIEDETECI SUBITO IL PACCO OFFERTA SPECIALE L. 3.000

Le richieste debbono essere effettuate inviando l'importo a mezzo vaglia o c.c.p. N. 3/26482 e indirizzando a: ELETTRONICA PRATICA - Via Zuretti, 52 - 20125 Milano - Telefono: 671945.

CARICA BATTERIE
IN SCATOLA DI MONTAGGIO
L. 14.500

ENTRATA: 220 V - 50 Hz
USCITA: 6 - 12 Vcc - 4 A

Tutti i componenti necessari per la realizzazione di questo apparato sono contenuti in una scatola di montaggio venduta dalla nostra Organizzazione al prezzo di L. 14.500. Le richieste debbono essere fatte inviando anticipatamente l'importo a mezzo vaglia o c.c.p. n. 3/26482 intestato a: Elettronica Pratica - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.

MICROTRASMETTITORE TASCABILE

CON CIRCUITO INTEGRATO

Tutti lo possono costruire, anche coloro che sono privi di nozioni tecniche. Funziona immediatamente, perché non richiede alcuna operazione di messa a punto. Se occultato in un cassetto, sotto un mobile o dentro un lampadario, capterà... indiscretamente suoni, rumori e voci, trasmettendoli a distanza notevole e rendendoli udibili attraverso un ricevitore a modulazione di frequenza, anche di tipo portatile.

IN SCATOLA DI MONTAGGIO

L. 6.800

L'emissione è in modulazione di frequenza, sulla gamma degli 80-110 MHz. La portata, con antenna, supera il migliaio di metri. Le dimensioni sono talmente ridotte che il circuito, completo di pila e microfono, occupa lo spazio di un pacchetto di sigarette. L'elevato rendimento del circuito consente un'autonomia di 200 ore circa. La potenza imput è di 0,5 mW. La sensibilità è regolabile per le due diverse condizioni d'uso dell'apparato: per captare suoni deboli e lontani dal microfono, oppure suoni forti in prossimità del microfono. Alimentazione con pila a 9 V.

La foto qui sopra riprodotta illustra tutti i componenti contenuti nel kit venduto da Elettronica Pratica al prezzo di L. 6.800. Per richiederlo occorre inviare, anticipatamente, l'importo a mezzo vaglia o c.c.p. n. 3/26482 intestato a: Elettronica Pratica - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52 (nel prezzo sono comprese anche le spese di spediz.)